

86-49-3175

我國直昇機飛航安全之研究



交通部運輸研究所
中華民國八十六年九月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：我國直昇機飛航安全之研究			
國際標準書號（或叢刊號）		政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號
		009104860461	86-49-3175
主辦單位：運輸安全組 主 管：林豐福 計畫主持人：林豐福 研究人員：劉韻珠、林沛達 電 話：(02) 349-6851、349-6863 傳 真：(02) 545-0429			研究期間 自 85 年 8 月 至 86 年 6 月
關鍵詞：大型航空運輸、普通航空、定翼機、直昇機、旋翼機、自動旋轉降落、地面共振、失事率、事故率、事件、健全及用途監視系統			
<p>摘要： 隨著經濟的蓬勃發展，定翼機高層空域中長程航點交通漸趨飽和的情況下，直昇機在從事區間、城際、點對點中短程低空域的交通特性之下逐漸展現其潛力。除此之外直昇機不受地形限制，其運動特性可達成盤旋滯空、垂直起降、機動、多方向性的優點，在執行小眾集散運輸及轉運的工作非其他運具所及；且直昇機因突破山川地形的阻隔，可迅速且安全的支援緊急救難及特殊任務。因此，直昇機客運服務的管制在時代潮流的推動下，已達成解除的成熟要件。</p> <p>交通部民用航空局於民國 83 年 2 月 24 日公布「直昇機飛行場設計規範」，民國 84 年 9 月通過「民營飛行場管理規則」，民國 84 年 12 月 12 日修訂「民用航空運輸業管理規則」，同年 9 月 30 日通過，擬以逐步漸近的方式開放直昇機客運的市場。樂觀面對主管機關開放務實的態度推動直昇機客運的努力背後，值得重視的是開放直昇機飛航所衍生一連串的飛安問題，如駕駛員人才培育不足、起降場地之欠缺、航管及航線的安全規劃、維修人員素質的養成、相關法規的不足等，任何一項缺失對未來開放直昇機市場所引發的飛安問題，勢必造成嚴重的影響。</p> <p>本研究內容包括直昇機飛行特性與任務功能介紹、產業現況與未來市場預測、國內外飛安資料與肇因分析；並就影響直昇機飛航安全之相關因素例如：場站規劃、航管、維修監測、法規分析、飛航機械安全操作等加以分析後，研提促進直昇機飛航安全的策略與作法，以作為國內開放直昇機客貨業務之參考。</p>			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
86 年 9 月	126		凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解限） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROGRAM
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Study on the Helicopter Flight Safety			
ISBN(OR ISSN):	UNIFORM SERIAL CODE FOR GOVERNMENT PUBLICATIONS 009104860461	IOT SERIAL NUMBER 86-49-3175	
DIVISION: Transportation Safety Division DIVISION CHIEF: Fong-Fu Lin PRINCIPAL INVESTIGATOR: Fong-Fu Lin PROJECT STAFF: Yuan-Ju Grace Liu, Pei-Da Lin PHONE: 886-2-3496851 · 3496863 FAX: 886-2-5450429		PROJECT PERIOD FROM August, 1996 TO June, 1997	
KEY WORDS: Large Air Carrier, General Aviation, Aircraft, Helicopter, Rotorcraft, Autorotation, Resonance, Accident Rate, Incident Rate, Event, Health and Usage Monitoring System			
ABSTRACT: <p>Since the traffic congestion of local freeway has been serious in Taiwan area, in the meantime, the slots for major airports have limited the growth of flights, transport by the helicopter has become one of the countermeasures. We can take the advantages of using the helicopter as high value passenger and cargo transport means, due to its vertical landing and taking-off characteristics to overcome the geographic barriers. Therefore, the Civil Aviation Administration (CAA) has announced to deregulate the entry control for the helicopter passenger and cargo operations.</p> <p>Aviation safety has always been one of the most important issues of air transport. The cause factors analysis for flight accident is the most concern for the public. The purpose of this study is, on one hand, to survey the cause factors of worldwide and local helicopter accidents in order to propose the strategies to prevent, and on the other hand, to assist the local air carriers to understand the affected factors relevant to the flight safety of helicopter to improve their operation management.</p> <p>This study first reviews the helicopter flight accident and incident records worldwide, then analyzes the cause factors of them. By reviewing the affected factors relevant to heliport, air traffic control, rules and regulations, operation and maintenance of the airline, even the helicopter design, this study finally proposes the strategies to improve the flight safety of helicopter for the authority's reference.</p> <p>The main contents of this study include:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. to survey the related literatures of helicopter flight safety; 2. to analyze the statistics of worldwide and local helicopter accidents and incidents; 3. to review the affected factors relevant to helicopter flight safety; and 4. to propose the strategies to improve the flight safety of helicopter. 			
DATE OF PUBLICATION September, 1997	NUMBER OF PAGES 126	PRICE	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of Ministry of Transportation and Communications.			

我國直昇機飛航安全之研究

目 錄

	頁次
第一章 緒 論.....	1
1.1 研究緣起.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究方法.....	4
1.4 研究內容.....	4
第二章 直昇機飛航安全相關文獻回顧.....	7
2.1 直昇機起源及發展沿革.....	7
2.2 直昇機的飛行特性與任務功能.....	11
2.2.1 直昇機的定義.....	11
2.2.2 直昇機的飛行控制特性與飛行能力.....	11
2.2.3 直昇機的任務功能.....	13
2.3 全球直昇機市場產業現況.....	16
2.3.1 全球民航空運市場現況與未來發展.....	16
2.3.2 全球直昇機產業現況與未來發展.....	18
2.3.3 美國直昇機的產業狀況.....	24
2.3.4 我國直昇機的產業市場狀況.....	26
2.4 結語.....	31
本章參考書目.....	32

第三章 國內外直昇機飛安資料之比較分析.....	33
3.1 全球直昇機數量分佈.....	33
3.2 美國直昇機飛安事故資料統計分析.....	34
3.2.1 美國直昇機之事故資料分析.....	34
3.2.2 美國直昇機與其他機型事故資料之比較.....	38
3.2.3 美國直昇機事故資料移動平均處理後之比較分析..	39
3.3 近五年美國直昇機安全傾向分析.....	42
3.3.1 美國直昇機致命失事率之計算.....	43
3.3.2 美國直昇機失事受傷次數之計算.....	44
3.4 其他國家直昇機飛安事故資料之統計分析.....	45
3.4.1 紐西蘭直昇機飛安事故資料之統計分析.....	45
3.4.2 澳洲直昇機飛安事故資料之統計分析.....	45
3.4.3 法國直昇機飛安事故資料之統計分析.....	46
3.5 我國直昇機飛安事故資料之統計分析.....	47
3.5.1 我國直昇機飛安事故資料庫之格式與內容.....	47
3.5.2 我國歷年來直昇機飛安事故資料之統計分析.....	48
3.5.3 我國直昇機與定翼機飛安事故之比較.....	56
3.6 結語.....	58
本章參考書目.....	60
第四章 影響直昇機飛航安全之因素分析.....	61
4.1 世界各國直生升機失事肇事原因分析.....	61
4.1.1 1995年全球直昇機失事肇事原因分析.....	61
4.1.2 1995年美國直昇機失事肇事原因分析.....	62
4.1.3 美國直昇機電線撞擊之失事分析.....	63

4.1.4 美國直升機事故肇因於裝備設計因素分析.....	65
4.1.5 美國單雙引擎直升機之飛航安全比較分析.....	66
4.1.6 澳洲直升機失事肇事原因分析.....	67
4.1.7 我國歷年直升機失事肇事原因分析.....	68
4.1.8 全球直升機其他肇事原因分析.....	69
4.2 直升機之場站規劃.....	69
4.3 直升機之航管需求.....	72
4.4 直升機之維修檢測技術.....	74
4.4.1 健全及用途監視系統(HUMS)之源起.....	74
4.4.2 HUMS的功能特性.....	75
4.5 與直升機飛航安全相關之法規分析.....	79
4.5.1 民用航空運輸業管理規則之條文修正.....	80
4.5.2 直昇機飛航作業管理程序之修正條文.....	82
4.6 直升機飛航安全之機械操作分析.....	81
4.6.1 直升機與定翼機迫降安全特性比較.....	81
4.6.2 直升機自動旋轉降落的迫降程序及操作技巧.....	82
4.6.3 直升機地面共震之安全操作分析.....	83
4.7 影響直升機飛航安全之人為因素分析.....	85
4.8 結語.....	86
本章參考書目.....	88
第五章 促進直升機飛航安全之策略與作法.....	89
5.1 直升機在我國整體運輸系統中所扮演的角色...	89
5.2 我國開放直升機客貨運市場之前瞻.....	91

5.3 促進直升機飛航安全之策略與作法.....	94
5.3.1 直升機場站規劃之策略與作法.....	94
5.3.2 直升機場站航管之策略與作法.....	95
5.3.3 直升機機械維修之策略與作法.....	96
5.3.4 直升機飛航安全相關法規修正之策略與作法.....	97
5.3.5 加強直升機相關人員之培訓制度之策略與作法....	98
5.4 結語.....	99
參考文獻.....	100
第六章 結論與建議.....	101
6.1 結論.....	101
6.2 建議.....	104
附錄一、1995年全球直升機失事及事故明細表.....	106
附錄二、我國歷年來直升機失事及事故明細表.....	113

表 目 錄

頁次

表1.1 美國與我國固定翼及直升機飛行小時數比較表.....	2
表2.1 典型直升機的使用用途.....	13
表2.2 全球航空運輸業成長預測.....	17
表2.3 全球民用直升機按地區別之數量分布與佔有率統計	18
表2.4 1991-1994年美國民用直升機年度出口數及輸出值	20
表2.5 國際常用直升機性能表.....	21
表2.6 1994-2003年全球直升機市場需求量及佔有率統計	23
表2.7 美國雙渦輪引擎直升機製造商市場佔有率統計....	25
表2.8 美國直升機隊雙渦輪引擎機型及平均機齡統計....	25
表2.9 國內現有直升機營運機型與未來預訂租購機型一覽表	27
表2.10 我國直升機市場製造廠商佔有率統計.....	29
表2.11 國籍航空公司預訂租購直升機之機隊數與單次載運 能量排名統計.....	30
表3.1 1995年全球直升機數量分佈排名統計.....	33
表3.2 1983-1995年美國直升機失事率統計.....	35
表3.3 1982-1995年美國直升機事故率統計分析.....	36
表3.4 美國大型航空運輸、普通航空及直升機失事資料 統計.....	39
表3.5 1994-1995美國直升機意外事件統計分析.....	41
表3.6 1991-1995年美國民用直升機事故資料統計.....	42
表3.7 美國直升機致命失事率與定翼機之比較.....	43

表3.8 直升機每次失事與致命失事之平均死亡人數統計..	44
表3.9 美國直升機每次失事之受傷次數率統計.....	44
表3.10 1988-1994年澳洲直升機各種任務意外事故統計..	46
表3.11 我國直升機飛安事故資料庫一般狀況紀錄項目 一覽表.....	47
表3.12 我國歷年直升機失事主因分析.....	48
表3.13 我國歷年直升機失事飛航狀態分析.....	49
表3.14 我國歷年直升機失事機齡分佈.....	51
表3.15 我國歷年直升機失事機身總飛行小時數分析.....	52
表3.16 我國歷年直升機失事任務別統計.....	53
表3.17 我國歷年直升機失事駕駛員年齡分佈.....	55
表3.18 我國歷年直升機失事駕駛員對駕駛機種之經驗 分佈.....	56
表3.19 我國歷年直升機十萬飛行小時失事率統計.....	57
表4.1 1995年全球直升機失事肇事主要原因統計.....	62
表4.2 1991-1995年美國民用直升機電線撞擊失事統計.....	63
表4.3 美國民用直升機電線撞擊失事率、致命失事率與致命 人數比率統計.....	64
表4.4 美國商用渦輪直升機失事及事故件數比較.....	67
表4.5 我國歷年直升機失事主要原因分析.....	68
表4.6 直升機飛行場之起降區淨空需求.....	73
表4.7 直升機飛行場之起降區設計標準.....	73
表4.8 直升機停機坪與障礙物之間距標準.....	74

表4.8 直昇機停機坪與障礙物之間距標準.....	74
表4.9 直昇機自動旋轉降落之外在條件配合與限制.....	86
表5.1 我國直昇機開放客運航線額度分配一覽表.....	92
表5.2 國內現有機場配合直昇機開放業務需加設之助導航 設施.....	100

圖 目 錄

頁次

圖1-1 本計畫研究流程圖.....	5
圖3-1 1983-1995年美國直昇機失事率統計圖.....	35
圖3-2 1982-1995年美國直昇機事故率統計圖.....	36
圖3-3 美國三類航空運輸之失事統計圖.....	39
圖3-4 美國直昇機失事率及移動平均率統計圖.....	40
圖3-5 我國歷年直昇機失事主因統計圖.....	49
圖3-6 我國歷年直昇機失事飛航狀態統計圖.....	50
圖3-7 我國歷年直昇機失事機身總飛行小時數統計圖....	52
圖3-8 我國歷年直昇機失事任務別統計圖.....	53
圖3-9 我國歷年直昇機失事駕駛員年齡分佈圖.....	55
圖3-10 我國歷年直昇機十萬飛行小時失事率統計圖....	57
圖3-11 我國歷年定翼機及直昇機失事率比較.....	58
圖4-1 美國直昇機肇因於裝備設計之因素分析.....	65
圖4-2 直昇機飛行場起降區配置圖.....	72
圖4-3 典型的直昇機HUMS裝置圖.....	79
圖4-4 直昇機自動旋轉減速的過程.....	87
圖5-1 我國開放直昇機客運航線示意圖.....	97

我國直昇機飛航安全之研究

第一章 緒 論

1.1 研究緣起

由全球之空運市場成長趨勢顯示，經濟層面的成長與民航發展間呈正比例的關係，祇要國民所得小幅的成長，即可造成民航空運市場客運量的大幅成長。近年來隨著我國經濟繁榮，國民所得快速成長，亦帶動了民航客貨運之蓬勃發展。

論及我國整體運輸客運近十年來之成長情形，鐵公路與民航間互有消長，尤以民航客運之成長幅度十分驚人。根據統計資料顯示，國內鐵公路客運由民國七十五年 38,496 百萬延人公里(占整體客運的 98.2%)，較諸於民國八十五年的 29,888 百萬延人公里(占整體客運的 84.8%)，總成長衰退了 13.4%；但同時期國內航空客運量卻由民國七十五年的 647 百萬延人公里(占整體客運的 1.7%)，巨幅成長到民國八十五年的 5,306 百萬延人公里(占整體客運的 15.1%)，總成長率超過了七倍以上。此項數據明顯反映出政府於民國七十六年大幅放寬民航客運業的加入管制措施，即一般所謂的「開放天空政策」後，對國內的客運市場供需造成衝擊，使航空客運對鐵公路產生替代效應。迄至民國八十五年底國內民用航空運輸業及普通航空運輸業，共有十七家業者投入空運市場，使國內無論在飛航班次及航空器的密度在全球均名列前茅。

隨著民航運輸業之巨幅成長，直昇機客貨運業務在我國之發展，卻因受到國內法令的管制，使直昇機飛航遲遲未能投入民航客運的行列，因此過去直昇機的飛行僅停留在農噴、探勘石油、交通及氣象觀測的角色。

通漸趨飽和的情況下，直升機在從事區間、城際、點對點、中短程、低空域的交通特性下，逐漸展現其潛力。此外，直升機不受地形限制，操作上具有盤旋滯空、垂直起降、機動、多方向性的優點，是其他運輸工具所未及者；其能突破山川地形的阻隔，迅速且安全的支援緊急救難及特殊任務，故可預期未來直升機市場的開發，將可有效的疏解局部地面運輸系統的既有瓶頸，並利用尚未充分開發的中低層空域容量，提供高時間價值的客貨運輸服務，對於未來整體運輸網路的建立具有示範的作用。

若以近十年來美國與我國定翼機與直升機之飛行小時資料比較，美國直升機 22,601,666 飛行小時佔 440,902,249 總飛行小時約 5.3%，定翼機 418,300,583 飛行小時則約佔 94.7%；我國直升機 18,085 飛行小時佔 1,774,122 總飛行小時約 1.02%，定翼機 1,756,037 飛行小時則約佔 98.98%，可知我國直升機所佔比率偏低，有關中美直升機與定翼機飛行小時比較如表 1.1 所示。

惟在航空運輸業大幅成長的今日，國內外定翼機的本島飛航運輸仍佔絕大多數，由美國定翼機的飛行小時數幾乎為直升機的 20 倍，我國則為近 100 倍即是例證。以定翼機而言，中長程的飛行特性，與直升機的短程、高起降架次的飛航特性相比較，自然在飛行小時數的累積上二者會產生一段極大的差距。由我國定翼機與直升機懸殊之飛行小時比率顯示，我國政策開放直升機的客貨運輸後，直升機客運市場的發展應有極大的成長空間。

目前對直升機客貨運輸之管制在時勢所趨下，已符合解除管制的成熟要件。交通部民用航空局於民國八十三年二月二十四日公布「直升機飛行場設計規範」，民國八十四年九月通過「民營飛行場管理規則」，民國八十四年十二月十二日修正「民用航空運輸業管理規則」，該規則於民國八十五年九月三十日獲得通過，並宣示將以逐步漸近的方式開放直升機客貨運的市場。

表 1.1 美國與我國固定翼及直昇機飛行小時數比較表

美國飛行小時數			中華民國飛行小時數		
年份	固定翼	直昇機	年份	固定翼	直昇機
1986	41,463,690	2,465,858	1986	88,219	1,394
1987	42,220,541	2,451,832	1987	95,953	1,378
1988	43,311,237	2,475,995	1988	96,017	1,141
1989	44,455,098	2,613,340	1989	121,467	2,023
1990	45,246,068	2,440,119	1990	133,550	2,048
1991	43,538,852	2,355,402	1991	154,730	1,621
1992	40,520,196	2,074,207	1992	181,823	2,053
1993	39,681,593	1,940,796	1993	231,459	1,999
1994	39,774,308	1,950,586	1994	297,539	1,822
1995	38,089,000	1,833,532	1995	355,280	2,606
合計	418,300,583	22,601,666	合計	1,756,037	18,085

資料來源：美國 FAA,CAA, Flight International.

樂觀面對主管機關以開放務實的態度推動直昇機客貨運的努力背後，值得重視的是開放直昇機飛航所衍生一連串的飛安問題，例如駕駛員人才之不足、起降場地之欠缺、航管及航線安全上之規劃、維修人員素質的養成、相關法規的不足等，均須加以考量，因為任何一項缺失對未來開放直昇機市場所引發的事故，勢必將造成嚴重的社會影響。

根據飛安基金會的統計資料指出，我國直昇機 1994 年失事率為 107.7 架次/每十萬小時，自 1986 年至 1995 年平均失事率則為 44.22 架次/每十萬小時。反觀美國民航直昇機近五年平均失事率約為 9.2 架次/每十萬小時，顯示我國直昇機在尚未開放民航客運之前的失事率已較美國民航直昇機高出了四至五倍。一旦開放民航客運後，若未能對直昇機飛航安全管理提出有效的對策，未來可能產生的飛安事件必然大增。目前民航局第一批共核

准了大華、台北、台灣、亞太、凌天、國華、瑞聯、遠東及德安等九家航空運輸業者取得客貨運業務，面對每天 61 個班次的增加量，有別於定翼機的直昇機，其飛安制度及觀念在我國尚待建立。因此實有必要對開放直昇機飛航所衍生出的飛安問題進行研究，以防範於未然。

1.2 研究目的

本研究期能達到下列二個目的：

1. 由國內外直昇機飛安事故資料之統計分析，探討政策開放直昇機客貨運輸所衍生出的可能飛安問題，研提因應對策以供主管機關參考。
2. 藉直昇機與定翼機之飛航安全特性比較，以增進國內相關單位與社會大眾對直昇機飛航安全之瞭解，並參考先進國家之策略與作法，提出促進我國直昇機飛航安全之建議，供業者參考。

1.3 研究範圍

由於影響直昇機飛航安全之因素包括：場站規劃、航管、機械設計與操作性能、維修、法規、人員培訓、以及氣象等項因素，本研究即針對前述安全管理方面之課題進行研究，並對照其與定翼機相異之處，以研提促進直昇機飛航安全之對策。

1.4 研究方法

本研究採用歸納法，將國內外直昇機飛航安全事故資料，區分為飛航動態及靜態兩方面，來逐項剖析其飛安表現，俾作為國內日後開放直昇機客貨業務之參考。計畫期間實地拜訪相關主管單位及航空業者，以深入瞭解直昇機飛航安全之相關課題，最後研提促進直昇機飛航安全之策略與作法。有關本計畫流程詳如圖 1-1 所示。

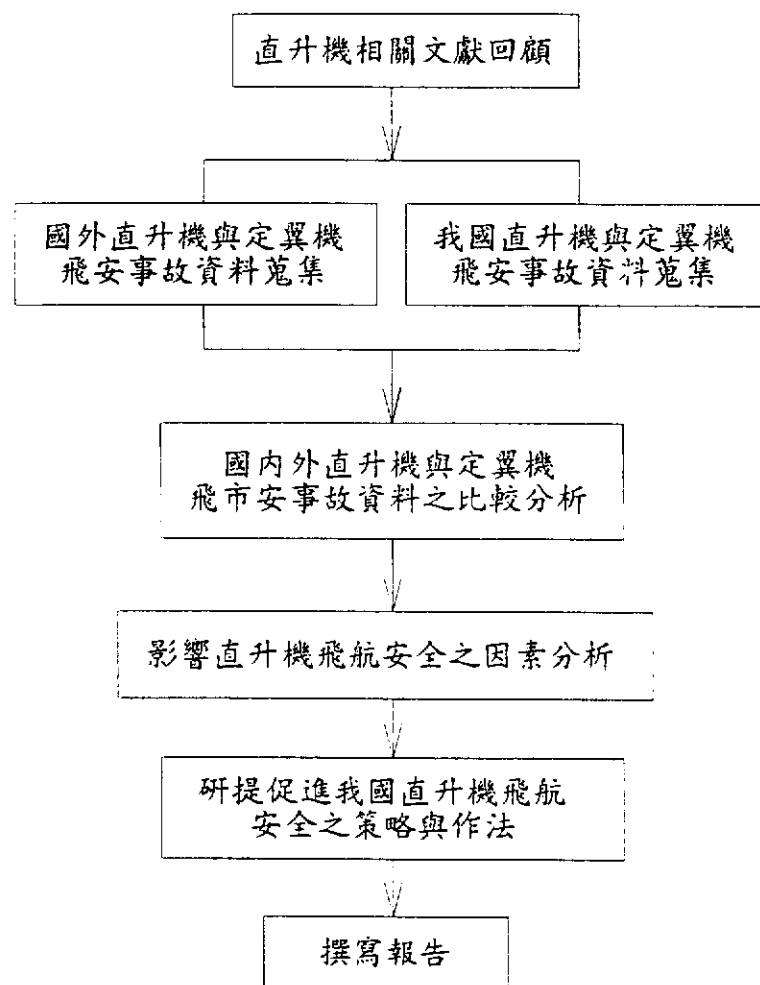


圖1-1 本計畫研究流程圖

1.5 研究內容

本研究內容包括：

1. 直昇機相關文獻回顧，包括其技術發展歷史與沿革、全球直昇機產業現況與未來成長趨勢之預測；
2. 國內外直昇機飛航安全事故之統計分析，包括其與定翼機之比較分析；
3. 探討國內外影響直昇機飛航安全相關因素包括：場站規劃、航

管、機械設計與操作性能、維修、法規、人員培訓、以及氣象等項課題；

4. 探討直昇機在我國整體運輸之定位與發展潛力；
5. 研提促進我國直昇機飛航安全之策略與作法。

第二章 直昇機飛航安全相關文獻回顧

本章首先說明直昇機之起源與發展沿革，接著介紹直昇機的飛行特性與任務功能，最後分析全球、美國與我國直昇機產業現況與未來發展趨勢。

2.1 直昇機起源及發展沿革

論及直昇機的起源，應可遠溯自一千六百年前即公元四世紀的中國，我們的祖先藉著搓送產生的動力，帶動竹蜻蜓的運行向上而垂直上升，確認了旋翼升力在空中運動的可行性，可惜我國未能繼續朝該項技術深入發展。

至於西方先進國家對於直昇機的研發，則依年序將航空機械方面工程師的研發成就加以說明。[2、3]

在公元十五世紀，義大利工程師達文西(Leonardo da Vinci)，受長期在中國傳教的馬可波羅(Marco Polo)的影響，繪製了垂直直昇機(Vertical lift machine)的草圖，並以兩個希臘字來定名這種直昇機圖樣，一為 Helix(意為旋轉)，一為 Pteron(意為機翼)，這兩個字組合一起就是成為直昇機一字(Helicopter)，為目前該字通用之來源。

英國航空動力學之父喬治克雷(George Cayley)於1813年示範自製的一架直昇機，惟經過試驗後宣告失敗。

1826年法國亞門寇特(Ponton D Amencourt)製造了一架直昇機的模型，飛機自一雙氣缸引擎獲得動力，引擎是鋁製的，全重為4磅，惟測試結果並未產生升力。

1842年，英人菲利浦(W.H. Phillips)設計了一架蒸汽動力飛行的直昇機，這是歷史上第一架藉蒸汽動力飛行的直昇機。

1875年約翰鮑恩(John F. Bourne)用錶的發條作動力而設計了一個竹蜻蜓，當發條上緊後，將竹蜻蜓鬆手，竹蜻蜓就螺旋上升，上升的高度約為40至50呎，鮑恩將他試驗的結果與記錄於1876年送交英國航空協會。

潘絡(Alphonse Penaud)則製造了幾個直昇機的模型，他利用鮑恩試驗的原理，而以橡皮帶代替發條作動力，試驗結果這些模型可上升達50呎以上。

1903年美國萊特兄弟第一次飛行成功，成為歷史上成功飛行的壯舉。

法國工程師伯瑞格(Louis Breguet)，設計了一架小型的直昇機，惟這架飛機只飛離了地面幾呎，且駕駛員深覺飛機難於操縱。

1907年，法國柯努(Paul Cornu)製造了一架大型的直昇機，這架飛機有兩個旋翼，直徑各為20呎，分別裝於駕駛員的前後，其引擎為24匹馬力，這架飛機能作垂直升空，但高度僅數呎，可是柯氏卻是駕駛直昇機離地升空的第一人。

1909年，美國柏林納(Emile and Henry Berliner)父子兩人合製了一架直昇機，這架飛機裝置了兩具引擎與兩個旋翼，旋翼裝於同一軸上，且作相對方向之旋轉。之後他們又製造了另一架直昇機，這架飛機是將旋翼並排分裝於定翼機的機翼上。這兩架飛機經試驗後，在滯空(停留於空中一點)與前進的速度上所獲得的成就雖有限，但是卻解決了一項一直困擾著直昇機發展的問題，那便是扭力的問題。依據牛頓的第三定律，凡作用力必產生反作用力，當直昇機的旋翼轉動時，機身亦相繼有翻滾的現象，柏氏父子使用兩個旋翼作相對方向旋轉，使扭力為之抵銷。1913年他們以一個水平的主旋翼用來產生升力，並

以一個小型的垂直旋翼用來抵銷扭力，使扭力的問題得到更實際的解決。這個小型的垂直旋翼就是目前直昇機上所採用的尾旋翼，柏氏這項發明於1923年獲得專利權。

1920年西班牙年輕的科學家吉瓦(Juan de la Cierva)設計了一架自動陀螺機(Autogiro)、又名風車式飛機(Wind mill)，成為現今直昇機作自動旋轉技術的由來，也是直昇機發展過程中最重要的發明。1928年他將自製的自動陀螺機自英國飛越英吉利海峽而至法國，當時飛行時速是100哩。這種飛機除自動旋轉的原理外，還有兩項很重要的貢獻，其一是使得整個飛機的旋翼產生均勻的升力，其二是當旋翼繞主軸旋轉時，同時改變旋翼的角度以產生足夠的升力。

1921年美國通訊部隊獲得一筆經費來籌製直昇機，乃請鮑查博士(Dr. George de Bothezat)主持其事。結果鮑氏製造了一架直昇機，機身長62呎、寬65呎，旋翼的直徑為25呎，以一具250匹馬力的引擎作為動力。該機於1922年12月試飛，第一次試飛時間為1分42秒，且飛離地面6呎，飛機操縱靈活，可隨駕駛員之意志而操縱，這架飛機前後共飛行50次，其中有一次載5人升空，據當時試飛後的記錄報告顯示，這架飛機具有良好的穩定性、操縱靈活，起飛、滯空與落地都很安全，被當時專家們公認為第一架成功的直昇機。

1924年4月14日歐米丘(Etienne Oemichou)試飛其所設計的直昇機，結果這架飛機飛行了1,181呎，打破了有史以來直昇機飛行距離的記錄。同年5月4日這架飛機飛離地面50呎，飛行距離達到5,500呎，飛行時間為14分鐘，這次飛行創造了直昇機發展歷史上的一項壯舉。

1925年西班牙挪氏(Raoul Pescara)製造了一架同軸

式的直昇機，主要的性能就是當旋翼轉動時，可借改變旋翼的角度來操縱飛行。

1929 年荷蘭科學家姆荷爾氏設計了一架直昇機，其單旋翼的設計與垂直尾旋翼抵銷扭力的實用上一直沿用至今。

普利維(Prewitt)則注意到一個問題，當旋翼旋轉時如何在同一時間來改變所有旋翼片的角度，亦是直昇機上所謂的集體角度改變(Collective Pitch Change)，以及旋翼片旋轉時所產生的震動，可裝置液壓減震器，該項裝置且一直沿用至今。

在 1936 年柏格內(Couis Bregnet)利用 1907 年所設計的一架同軸式直昇機，再度試飛時之效果良好，當時飛行的記錄是離地面 517 呎，距離 27 哩，時速 67 哩，這架飛機最大的優點是能完全控制，且被譽為當時世界上最美與最成功的一架直昇機。

1937 年福克博士(Dr. Heinrich Focke)製造了一架雙旋翼併列式直昇機，由一個 160 匹馬力的引擎所帶動，引擎為氣冷式，淨重為 2,400 磅，它最大的特點就是完全以改變旋翼的角度來操縱，以使飛機作前後左右的飛行，該項設計已具有現代直昇機優點的雛型。當時係由一位女性的駕駛員芮慈(Hanna Reitsch)試飛，飛行高度 11,000 呎，時速 77 哩，飛行時間 1 小時 25 分。

1939 年塞考斯基(Sikorsky)設計出一架 VS-300 型的直昇機，試飛非常成功，飛行時間為 1 小時 32 分 26.1 秒，但其缺點為操縱系統較為複雜。在 1942 年再以 XR-4 型直昇機試飛成功，由一個 178 匹馬力的引擎所帶動，淨重為 2,400 磅，為美國軍方使用的第一種飛機。

1945 年美國貝爾公司產製 B-47 型直昇機，成為第一

商用的載客直昇機。

隨後歐美先進國家紛紛加入直昇機技術研發之競爭，在歐洲有英國衛斯蘭(Westland)公司，法國有航太(Aerospatiale)公司，義大利有奧克斯塔(Agusta)公司，美國則有貝爾(Bell)公司、塞考斯基(Sikorsky)公司等著名廠商。

2.2 直昇機的飛行特性與任務功能

本節針對直昇機名詞之定義、其飛行特性與任務功能加以說明如后。

2.2.1 直昇機的定義

論及直昇機之名詞定義，依據美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)的認定[4]指出：直昇機主要依靠一片或多片的旋翼葉片產生的升力來支持比空氣重機身的飛行(註)。

依據我國「民用航空運輸業管理規則」第二條指出，所謂直昇機之定義為：「指以動力推進旋轉翼，具有垂直上升、橫向操作及前進能力之航空器。」

2.2.2 直昇機的飛行控制特性與飛行能力

直昇機的天空飛行是經由引擎動力策動主旋翼，每一片主旋翼都是由翼剖面(airfoil)在空氣中作直切線動作而連續成圓周運動，空氣產生的流動在翼面上及翼面下的壓力不同，使得機身受到上方的總壓力小於下方的壓力，於是舉升力因而產生。

註:Rotorcraft: A heavier-than air aircraft that depends principally for its support in flight on the lift generated by one or more rotors. Includes helicopters and gyroplanes.

直昇機的控制主要由集體桿、迴旋桿、油門、左右腳踏板產生，分述如下：

1. 集體桿：

大多設計在駕駛員的左側，可以將主旋翼的每一片葉片集體增大或減小葉片的角度藉以操縱旋翼升力及推力的大小。

2. 迴旋桿：

主要操縱飛機主旋翼的翼尖面傾斜角度，向前推將空氣往後排，產生橫向推進力及升力兩分力。因迴旋桿主要係控制機體的飛行方向，在主翼面傾斜愈多，推力增加的狀況下，飛機的運動將會更快。若將迴旋桿保持中立以抵銷風力作用，則可使飛機滯空盤旋。

3. 油門：

係利用手推方式，安置於頭頂部份或集體桿上，主要為控制發動機的轉速及引擎出力的大小。

4. 左右腳踏板：

主要係為控制尾旋翼動力的增減，因尾旋翼的設計在於抗拒主旋翼扭力的產生，增減尾旋翼的動力可搖動(yawing)產生不同的左右方向，因此得以控制方向。

受到操作指令的作用，直昇機可以產生向前、向後、向左、向右、向上、向下等六次元(free dimensions)的運動，並可以滯空盤旋、360°原地轉彎、定點多向起降、飛行高度大於一萬呎、飛行航程可大於2,000公里、飛行速度由零到300公里/小時、目視飛行、簡易起降場、低空域飛行、特殊任務飛行、直昇機乘載可為由一人單機駕駛到60人的高乘載機具。

2.2.3 直昇機的任務功能

直昇機在未開放客貨運輸之前，依據普通航空業管理規則第二條說明：「普通航空業，依民用航空法第二條第十二款規定，指經營航空客貨、郵件運輸以外之航空事業，其範圍包括農、林、漁、礦、水電、照測、狩捕、消防、搜救、教練、跳傘、拖吊、遊覽及其他經專業核准之營業性飛航。」有關典型直昇機的使用用途詳如表 2.1 所示。

表 2.1 直昇機的典型用途

1. 農業	10. 火場支援救助	17. 巡邏 / 能源管
2. 轉運 / 包租	11. 林業支援	路，地下電纜
3. 銀行紙鈔運送	12. 政府承包	18. 照相
4. 通勤客運	13. 放牧 / 畜養	19. 訓練
5. 工程架構	及野生動物	20. 油污清除 / 模擬
6. 媒體新聞資訊蒐集	14. 執法	21. 私人擁有
7. 空中緊急醫療及救助	15. 伐木	22. 遠眺
8. 貴賓專機	16. 離案作業	23. 滑雪
9. 探勘		24. 遊覽

俟直昇機開放客貨運經營後，可將其任務導向加以整合及分類為以下功能：交通運輸、緊急救難及醫療服務、支援特殊工程施工、休閒旅遊與空中遊覽、其他，茲分述如下[5]：

1. 交通運輸：

直昇機可扮演交通工具的角色，但因其操作成本偏高，所以較適合特殊運具功能，如：

(1) 解決離島及偏遠地區交通：

在離島無法設置定翼機場的狀況下，適合開闢離島

直昇機航線，如馬祖地區之南竿、東引及莒光等。對於突破高山限制方面，以現有高山國家公園及旅遊點而言，直昇機亦為最佳交通工具之一。

(2) 供作中短程轉接運輸工具：

直昇機是最佳的轉接運輸工具，如果在台北市的北區士林或北投附近、西區的淡水河畔之環河快速道路與東西向快速道路交會處、東區的信義計畫區或麥帥二橋附近等地，興建直昇機起降場，並配合興建多層之立體停車場，則可發揮直昇機轉接運輸之功效。

(3) 發展空中計程車(Air-taxi)：

直昇機可提供市內計程車般之服務，隨叫隨到，且可立即直接飛達目的地作及戶之服務。

(4) 便捷的快遞貨運服務：

直昇機可利用機外吊掛之特性，不需要落地就可將貨品交遞與提取，以縮短運輸時程。

2. 緊急救難及醫療服務

(1) 消防救火：

對山區森林火災而言，直昇機算是唯一有效之消防救火工具，可攜帶大到 8,000 公升之消防桶，急速之灑水，同時一併將消防人員載運至火場協助消防工作。另對高樓之消防時，可運送人員至樓頂進入火場救火，所以在歐美先進國家均立法要求十六層以上大廈樓頂，必須設置直昇機緊急停機坪，以應救災之需要。

(2) 交通事故排除：

運用直昇機先將交通警察運抵事故現場調查蒐證認定責任歸屬，直昇機並可吊掛肇事車輛離開車道。

(3) 山、海難救助

在發生山難或海難時，可運用直昇機吊掛救援危急

狀況之傷亡人員。

(4) 海上污染清除

若海洋受到油污染時，可由直昇機載運人員與除污設備前往救治與清除。

(5) 緊急醫療服務：

運用各大醫院簡易直昇機起降場，可將需緊急救護人員以直昇機快速送達就醫。

(6) 空中巡迴醫療服務：

由於醫療資源不平衡，造成離島及偏遠山區無診所支援作業，可使用空中醫院型直昇機作巡迴醫療服務，由於一架醫療專用直昇機可替代十二處衛生所，故非常符合經濟效益。

3. 休閒旅遊

(1) 定點空中遊覽：

如美國大峽谷與許多國家公園均利用直昇機載旅客鳥瞰火山等風景。

(2) 帶狀空中遊覽：

將帶狀之風景區加以串連，從空中巡視遊覽。

(3) 滑雪運動：用直昇機將遊客自旅館載運到滑雪場。

(4) 配合跳傘及飛行傘運動：由直昇機載運至出發地點。

4. 其他

(1) 特殊工程施工：

如高壓鐵塔之施工，由直昇機吊掛搬運逐節結合，另可吊掛橋樑之桁架裝置與組合機工具之搬運等。

(2) 空中路況報導：自空中鳥瞰路況提供報導。

(3) 空中偵照測量與轉播：

運用直昇機作為地形勘察與製圖外，最主要用於媒體作實地立即轉播。

(5)空中吊運服務：可運用直昇機將山上之木材搬下山。

(6)漁訊服務：

海上捕漁可利用直昇機偵察漁訊，作立即通報。

(7)高壓線維修：

困難地形上空之高壓線之保養與維修，直昇機將是唯一可用工具。

(8)運鈔服務：以直昇機空中運鈔既安全又快速。

2.3 全球直昇機市場產業現況

本節分別就全球未來空運量成長、直昇機市場產業加以預測；並說明美國與我國之直昇機產業現況與未來發展。

2.3.1 全球民航空運市場成長趨勢

根據工研院航太中心提及波音公司及國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)曾對全球航空運輸業成長加以預測，其預測資料顯示，世界各國經濟層面的成長與全球民航發展的預估量呈正比例關係，各國之國民生產毛額(GDP)之小幅成長，預估將造成航空客運量的大幅成長。故自1994年至2013年預估全球年平均GDP成長率約3.3%，而該期間主要航線客運成長趨勢全球年平均成長率卻為5.38%。由1993年至1997年主要地區航空客運量成長顯示，中國大陸的年平均成長率達到16%，台灣地區也達到10至11%的高年成長率，對照於歐洲已開發國家主要客運年平均成長率為10%，均顯示空運市場之蓬勃發展。而歐洲已開發國家預估未來GDP年平均成長率為2.3%，而主要航線客運量年成長率卻高達4.3%至4.8%間，可知未來的空運航線將越來越普及，隨著國民所

4.3%至 4.8%間，可知未來的空運航線將越來越普及，隨著國民所得的增加，航空運輸將成為大多數人願意使用的運輸工具。有關未來航空運輸業之成長預測如表 2.2。

表 2.2 全球航空運輸業成長預測

波音公司				IATA	
1994-2013 年全球主要地區 GDP 成長趨勢		1994-2013 年全球主要航線客運量成長趨勢		1993-1997 年全球主要地區客運量成長趨勢	
地 區	年平均成長率	地 區	年平均成長率	地 區	年平均成長率
中國大陸	6.7	亞洲-歐洲	7.2	中國大陸	16
印度半島	5.5	亞太區間	6.8	東北亞-東南亞	11
亞太地區	5.5	橫越太平洋	6.8	印尼、台灣、	10-11
拉丁美洲	4.0	拉丁美洲區間	5.6	香港	
中東地區	3.7	北美-拉丁美洲	5.5	歐洲	10
北美地區	2.6	歐洲-拉丁美洲	4.8	拉丁美洲	9
歐洲地區	2.3	歐洲區間	4.4	北美	4
		北亞特蘭區	4.4		
		歐洲-非洲	4.3		
		北美區間	4.0		
全球	3.3	全球	5.38	全球	6.6

資料來源：工研院航太中心

此外，依據 IATA 對航線的現況評估指出，全球 17 條最繁忙的航線中，有 7 條位於亞太地區，而亞太地區的運量佔有率將在公元 2010 年達到全球運量的 50%。不論各家預測是否正確，但證諸經濟的蓬勃發展及世界一家地球村的宏觀理想，民用航空客運的未來前景的確是樂觀可期的。因此，為因應航空運輸量及航空業者的大幅增長，在推動國家整體發展上，對迅速成長所衍生出的問題，加以重視並儘早預謀對策實為當急之務。

2.3.2 全球直昇機產業現況與未來發展

世界各國直昇機數量中，以美國 10,260 架為最多，加拿大 1,596 架與日本 1,111 架次之，法國 889 架與英國 814 架又次之，詳如表 2.3 所示。

表 2.3 全球民用直昇機按地區別之數量分布與佔有率統計

地區別	前 4 名 國 家	數 量	地區佔有率	全球佔有率
北 美	美 國	10,260	86%	54%
	加 拿 大	1,596	14%	
歐 洲	法 國	889	19%	22%
	英 國	814	17%	
	德 國	757	16%	
	義 大 利	510	11%	
亞 太	日 本	1,111	56%	9%
	印 尼	175	9%	
	菲 律 賓	110	6%	
	中 國 大 陸	91	5%	

資料來源：AvData Inc. Wichita, Kansas

資料處理：工研院航太中心 ITIS 計畫，1995 年 1 月

由全球各地區民用直昇機的數量分布及其佔有率統計，顯示出下列訊息：

1. 佔有率高的地區多表現在高度開發地區，如北美及歐洲，分別佔有 54%及 22%的全球佔有率，其高價值中短程運輸及任務特性在高度開發的國家中較具需要。
2. 美國的直昇機在北美地區之佔有率 86%為地區佔有率最高的國家；歐洲地區則以法國 19%為多；亞太地區則以日本 56%為最多。其各國的直昇機數量在地區別表現和國土幅員及 GDP 產值呈正向關係。

3. 美國為全球直昇機佔有率最大的國家，以 10,260 架的數量在全球所估計的 22,000 總架數中佔了大約一半，顯示以美國為架構所產生的產品及安全性分析是值得考量接受的較佳母體。
4. 亞太地區僅有日本為高度開發國家，其地區佔有率為 56%並不意外。值得注意的是其他如印尼、菲律賓、大陸都是開發中國家的明日之星。另外有部分國家係石油產國，故在油源探勘及運補任務上確有需求。未來亞太地區各國除日本的成熟經濟力之外，其直昇機市場的佔有率及需求亦是指日可待。
5. 歐洲地區的數量排名中，前四名的佔有率都相當一致，差異性不大，故表現出除非外在環境迅速變動，相信在短期內各國的需求成長應為一致且同質之發展。

若以美國製造與輸出直昇機至世界各國之數量而言，亞洲地區在 1991 年為 66 架，1992 年為 39 架，1993 年為 21 架，1994 年為 26 架，各佔美國全年出口量的 12%、18%、12%及 17%，並無明顯的成長率。另在輸出值而言，1991 年為 59.2 百萬美元，佔美國全年輸出值的 35%；1992 年為 42.5 百萬美元，佔美國全年輸出值的 35%；1993 年為 24.4 百萬美元，佔美國全年輸出值的 20%；1994 年為 30.8 百萬美元，佔美國全年輸出值的 37.5%詳如表 2.4 所示。

至於亞洲地區各國所購入的直昇機，可能大部份為高單價的緊急救護任務直昇機、或高乘員客運之商用直昇機，故亞洲地區在未來各國陸續加入直昇機客貨運輸的行列後，預估其購機數量將會大幅成長。

表 2.4 1991-1994 年美國民用直昇機年度出口數及輸出值

地 區	1991	1992	1993	1994
加 拿 大	20	8	11	5
中 美	45	46	67	43
歐 洲	125	91	61	62
中 東	2	3	2	2
亞 洲	68	39	21	26
大洋洲	38	19	13	11
非 洲	22	6	0	5
總 數	318	212	175	154
百萬產值	1991	1992	1993	1994
加 拿 大	\$7.9	\$5.0	\$6.2	\$1.9
中 美	\$19.6	\$25.2	\$24.8	\$20.0
歐 洲	\$56.3	\$38.2	\$62.2	\$18.7
中 東	\$16.5	\$2.2	\$0.5	\$0.6
亞 洲	\$59.2	\$42.5	\$24.4	\$30.8
大洋洲	\$5.7	\$2.3	\$1.9	\$9.0
非 洲	\$3.1	\$1.3	0	\$1.2
所有值	\$168.4	\$117.7	\$120.1	\$82.1

資料來源：Aerospace Industries Association

在考量國際上直昇機的產量及市場分佈狀況時，必須重視其對直昇機的需求。一般而言，在購機時較常考量的重點在於飛機的座位數、操作的任務功能、購機的價格及操作的成本等因素。本研究特將國際上目前十年內所使用的直昇機其可利用的座位數及引擎數資料，彙總詳列如表 2.5 所示。

表 2.5 國際常用直昇機性能表

(一) 1-4 人座直昇機

		直昇機種類	座位數	引擎(個數)	推力 (仟瓦/ 個)	起降 重量 (kg)	巡航 速(km /hr)	航程 (km)
重 型	多 引 擎	Atlas Rooivalk	2	Topaz TS(2)	1,104 ~ 1,181	9,400	285	-
輕 型	多 引 擎	Agusta A129	2	R.RGEM-2-MK-	615	3,700	-	-
		Bell AH-1W	2	1004D(2)	1,260	6,690	282	635
		RAH-66	2	GE T700-GE-401(2)	895	7,790	-	2335
		Eurocopter	2	T800-IHT-800(2)	958	5,800	280	-
		Tiger		MIR 390(2)				
	單 引 擎	Bell 406CS	2	Allison 250-C30U	485	2,041	222	740
		Bell CH-58D	2	Allison 250-C30R	484	2,041	222	556
		Enstrom 480	4	Allison 250-C20W	313	1,225	203	611
		Kaman K-MAX	1	LY T53-L-17A	1,342	4,762	-	-
		Schweizer 330	3	Allison 250-C20W	336	-	185.13	466.7
活 塞 引 擎		Enstrom F28/280	3	LY HIO-360-FIAD(1)	168	1,180	188	488
		Robinson R22	2	LY O-320-B20(1)	97	621	179	592
		Robinson R44	4	LY O-540(1)	168	1,088	209	592
		Rogerson-Hiler		LY VO-540-C2A(1)	227.5	1,407	144	674
		UH-12E	3	LY HIO-360-DIA(1)	141	930	152	416
		Schweizer 300C	3					

資料來源：Forecast International

資料處理：工研院航太中心 ITIS 計畫，1995 年 1 月

(二) 5-8 人座直升機

	直升機種類	座位數	引擎(個數)	推力 (仟瓦/個)	起降 重量 (kg)	航速 (Km/hr)	航程 (km)
輕型	Agusta A109MKII	8	Allison 250-C20B(2)	313	2,600	278	556
	Agusta A109K	8	Turbomeca Arriel-1k(2)	539	2,850	261	537
	多 Bell 206L-IV	7	Allison 250-C30G/2(2)	313	2,018	217	-
	Bell 230	6	Allison 250-C30G/2(2)	548	3,810	259	726
	Eurocopter AS.555N	6	Turbomeca TM319(2)	340	2,600	225	722
	Eurocopter BO.105CBS	7	Allison 250-C20B(2)	313	2,500	242	555
	引擎 Eurocopter EC135	7	TM319-1B/PW206B(2)	360/342	2,700	262	715
	Eurocopter BK.117B-2	8-10	LTS 101-750B-1(2)	442	3,350	247	541
	MD900/901	8	PW206B/TM319-2(2)	469/476	3,035	270	888
	單 Bell 206B-III	5	Allison 250-C20J	313	1,451	216	645
中型	Bell 206L-III	7	Allison 250-C30P	485	1,882	203	592
	Eurocopter AS.350B2	6	Turbomeca Arriel 1D1	546	2,250	246	666
	Eurocopter AS.550U2	6	Turbomeca Arriel 1D1	546	2,250	246	666
	引擎 Eurocopter EC.120	5	TM319/PW206B	380/414	1,500	240	600
	MD 520N	5-7	Allison 250-C20R	317	1,746	251	458

(三) 9 人座以上直升機

	直升機種類	座位數	引擎(個數)	推力 (仟瓦/個)	起降 重量 (公斤)	巡航速 (公里/時)	航程 (公里)
重型	多 Bell/Boeing V-22	27	Allison T406-AD-400(2)	4,586	27,442	185	3,892
	Boeing/Kawasaki KV-107	25	CT58-IHI-140-1(2)	1,044	-	241	1,097
	Boeing CH-47D	33-55	T55-L-714(2)	3,108	24,494	-	-
	引擎 EHI EH-101	30	C17-6A1/RIM322(3)	1,507/1,567	14,288	278	1,760
	AS.332L2-MKII	24	Turbomeca Makila 1A2(2)	1,573	9,150	277	1,491
	AS.532U2-MKII	29	Turbomeca Makila 1A2(2)	1,573	9,750	273	1,176
	Ishida TW-68	9-16	PWC PT6B-67R(4)	745-1,120	8,158	552	1,800
	NHI NH-90-TIH/NEH	22/24	C17-6A1/RIM322-01(2)	1,507/1,567	8,700/9,100	290/266	1,200/-
	Sikorsky CH-53E	58	T64-GE-416	3,266	33,339	278	2,075
	引擎 Sikorsky S092	18-22	T700-GE-401(2)	1,550	-	278	742
輕中型	Sikorsky UH-60A	14	T700-GE-700(2)	1,210	9,185	296	592
	Westland Sea King	34	R-RH.1400-1(2)	1,237	9,752	208	1,507
	多 Eurocopter AS.365N2	10-14	Turbomeca Arriel 1C2(2)	551	4,250	285	897
	HAL ALH	14	Turbomeca TM333-2B(2)	746	5,000	280	800
	引擎 Sikorsky S-76B	14	PWC PT6B-36A(2)	732	5,307	287	661
	Sikorsky S-76C	14	Turbomeca Arriel 1S1(2)	539	5,171	287	661
	Westland Super Lynx	11	R-R GEM-41-2(2)	746	5,125	256	685
	引擎 Bell 212	15	PWC PT6T-3B(2)	962	5,080	185	420
	Bell 412	15	PWC PT6T-3B-1(2)	1,044	5,397	259	656

資料來源：Forecast International, 工研院航太中心 ITIS 計畫，1995 年 1 月

根據工研院航太中心引用 Forecast International 的預測指出：在 1994-2003 年十年期間全球直昇機需求量可達 14,251 架，軍用直昇機需求 5,490 架，佔 38.5%，民用直昇機方面則為 8,761 架，佔 61.5%；總產值達到 702.92 億美元，軍用機種方面佔 72%，民用機種則佔 28%而已。按主要製造商未來市場需求量和產值及佔有率之前五名排名，詳如表 2.6 所示。

表 2.6 1994-2003 年全球直昇機市場需求量及佔有率

期間	前 5 名排行及需求量(架)	市場佔有率(%)	總需求量(架)
1994	Bell (1,621)	23.07	7,026
-	Robinson (1,030)	14.66	
-	Eurocopter (948)	13.49	
1998	MDH (745)	10.60	
-	Sikorsky (691)	9.83	
1999	MDH (1,291)	17.87	7,225
-	Eurocopter (1,168)	16.16	
-	Bell (1,036)	14.34	
2003	Robinson (771)	10.67	
-	Schweizer (577)	7.99	
1994	Bell (2,657)	18.65	14,251
-	Eurocopter (2,116)	14.85	
-	MDH (2,036)	14.29	
2003	Robinson (1,801)	12.64	
-	Sikorsky (1,130)	7.93	

資料來源：Forecast International

由表中可以看出，以全球直昇機需求量預測而言，前五年期間 Bell 仍獨佔鰲頭，Robinson、Eurocopter、MDH、Sikorsky 則在伯仲之間，未來歐美以外地區市場的拓展將是主要關鍵。後五年期間則形成 MDH、Eurocopter 及 Bell 三足鼎立之勢，主要原因是 MDH 研製的裝設有 NOTAR 系統之先進機種，如 MD 520N 和 MD 900/901 逐漸侵

佔 Bell 及 Eurocopter 的市場；至於 Eurocopter 主要是以擁有 Fenestron 尾翼設計及顯著降低直接操作成本之機種來競爭，如 EC 135 及 AS 365/565；Bell 則以 206 系列、230/430、412/442 系列機種來因應。Bell/Boeing 所合作研製的先進傾旋翼直昇機 V-22 則要在 2001 年後才會陸續推出，進而影響整個直昇機市場之分佈態勢。

2.3.3 美國直昇機的產業狀況

根據 1996 年 Helicopter Annual 的統計數據指出，美國現今的直昇機機隊總數為 10,329 架，其中雙渦輪引擎直昇機的總數為 1,210 架，而單渦輪引擎直昇機則為 9,119 架，故單渦輪引擎直昇機在美國為雙渦輪引擎直昇機的 7.5 倍。而雙渦輪引擎直昇機的製造商市場佔有率排名依序為 MBB、Bell、Sikorsky、Aerospatiale、Agusta、Boeing、MD 及 Westland。機隊數最多的機型排名前六名分別為：B0105、S-76、BK117、AS355、Bell212、Bell412。前六名機型的機齡全國平均為 10.98 年，詳如表 2.7 所示。至於美國現今直昇機隊雙渦輪引擎機型之統計，則詳如表 2.8 所示。

藉著大環境的現況分析及比較，全球機隊中佔一半以上直昇機市場的美國，其產業分佈有助於在分析美國直昇機的飛航安全資料時瞭解其國內的科技及操作安全。同時藉著這類資料的分析，可提供國內各航空公司日後採購直昇機時之參考。

表 2.7 美國雙渦輪引擎直昇機製造商市場佔有率統計

美國雙渦輪引擎直昇機製造商佔有率			機型排名	數量
MBB	324	26.80%	B0105	192
Bell	311	25.70%	S-76	162
Sikorsky	286	23.60%	BK117	132
Aerospatial	173	14.30%	AS355	124
Agusta	74	6.10%	Bell1212	108
Boeing	19	1.57%	Bell412	95
MD	15	1.24%		
Westland	8	0.69%		
總 數	1,210	100.00%	平均機齡	10.98 年

資料來源：1996 年 Helicopter Annual 的統計

表 2.8 美國直昇機隊雙渦輪引擎機型及平均機齡統計

製造商	機型/系列	引擎型態	引擎數量	飛機數	平均機齡
Aerospat -iale (小計 173)	AS322	渦 輪	2	4	12
	AS355	渦 輪	2	124	12
	AS365	渦 輪	2	45	7
Agusta	A109	渦 輪	2	74	9
Bell (小計 311)	212	渦 輪	2	108	16
	222(A11)	渦 輪	2	84	11
	230	渦 輪	2	24	1
	412	渦 輪	2	95	8
Boeing (小計 19)	107	渦 輪	2	14	32
	CH47-414	渦 輪	2	5	10
MBB (小計 324)	B0105	渦 輪	2	192	11
	BK117	渦 輪	2	132	8
麥道(MD)	MD900	渦 輪	2	15	1
Sikorsky (小計 286)	S-61	渦 輪	2	58	27
	S-64	渦 輪	2	57	27
	S-70	渦 輪	2	9	7
	S-76	渦 輪	2	162	11
Westland	WG-30	渦 輪	2	8	10

資料來源：1996 年 Helicopter Annual 的統計

2.3.4 我國直昇機產業現況與未來發展預測

以國內生產及製造直昇機之產業現況而言，目前已有緯華直昇機製造廠，其所生產之單人座小型直昇機已通過美國聯邦航空總署(FAA)之認證。國內直昇機產業界規劃中的個案包括下列二項：

1. S-92 型直昇機之國際合作案

1995年6月我國改制前之台翔(今漢翔)公司與美國塞考斯基(Sikorsky)直昇機製造廠，在法國巴黎簽訂20人座S-92直昇機合作協議，我國將負責座艙段之零組件製造及組裝工作，約佔全機製造工作之6.2%。自2000年取得認證之後，估計五年內將可為我國創造約0.6億美元之產值。

2. 貝爾的亞航維修中心

1995年10月貝爾直昇機在亞太地區的維修中心正式在我國的亞航公司開始營運，這是我國邁向亞太航空維修中心重要的一步。貝爾公司是全球最大的直昇機製造廠之一，每年營運額超過12億美元〔4〕，預估未來十年全球直昇機的需求數量約為13,000架，其中貝爾公司佔有率約為20%〔6〕。而且貝爾公司已生產的各型直昇機總數已高達25,487架。由此可見擁有貝爾直昇機維修能量將帶給國內頗大的維修市場潛力。

在分析我國直昇機的產業現況與未來發展時，必須考量我國開放直昇機客貨運輸後，其業者將包括已申請籌設直昇機客貨運輸之各航空公司，以及原經營普通航空運輸業者，故未來直昇機市場應包括渠等之現有機隊與未來預訂租購之直昇機數量。

目前國內營運中的直昇機為 18 架，均屬普通航空運輸業所有，其中載客部分為雙引擎機 5 架、單引擎機 10 架，貨運則為雙引擎機 2 架、單引擎機 1 架；而未來業者預訂租購的雙引擎客機為 24 架、單引擎客機為 2 架、單引擎貨機則為 3 架；故未來依據“設立客運經營業務申請書”所預訂租購的直昇機共有 29 架單雙引擎直昇機將投入客貨運輸，使我國直昇機總數將高達 47 架，若再加上警政署空中警察對的 27 架公共用途直昇機，將使民用與公用的直昇機總數高達 74 架，成長幅度近 2.3 倍，詳如表 2.9 所示。

表 2.9 國內現有直昇機營運機型與未來預訂租購機型一覽表

航空公司	現有機型			飛及機座 乘位 員數	發 動 機			旋翼 葉片	修護 能量
	營運	租購中	型 別		型 號	型 別	數量		
1. 亞太航空 (Asia Pacific Airlines)	1		Bell 1412SP (B-6616)	2+13	PT6T-3B	渦輪噴射式	雙	4	A, B, C, D (與華航修護合作)
	1		Bell 1412HP (B-66121)	2+13	PT6T-3B	渦輪噴射式	雙	4	
	1		Bell 1206B3 (B-66061)	2+3	ALLISON250	渦輪噴射式	單	2	
	1		AS350B (B-66501)	1+6	Turbomeca Arriel1B	渦輪噴射式	單	3	
		3	AS365N2	2+12	Turbomeca Arriel 1C2		雙	4	
2. 德安航空 (Daily Helicopter)	1		BK117B-1 (B55501)	2+8	LTS101-750B-1	渦輪噴射式	雙	4	A, B
	1		Bell 1412SP (B55521)	2+13	PT6T-3B	渦輪噴射式	雙	4	
		4	Bell 1430	1+9	ALLISON250-C40		雙	4	
3. 台北航空 (Taipei Airlines)	1		BK117B-1 (B-9999)	2+5	LTS101-750B-1	渦輪噴射式	雙	4	
	1		R-22(B-99005)	1+1	LYO320B2C	活塞式	單	2	
			R-44(B-99007)	1+3	LY O-540	活塞式	單	2	
	1	2	AS332MK2	2+24	Turbomeca AKILA1A2	渦輪噴射式	雙	4	

表 2.9 國內現有直昇機營運機型與未來預訂租購機型一覽表(續)

航空公司	現有機型			飛及 機座 乘位 員數	發 動 機			旋 翼 葉 片	修 護 能 量
	營 運	租 購 中	型 別		型 號	型 別	數 量		
4. 凌天航空 (Emerald Pacific Airlines)	1		Bell 206 (B-31135)	2+3	ALLISON250	渦輪噴射式	單	2	
	2		UH-12E	1+2	LYVO-540-C2A	活塞式	單	2	
		2	S-58T	2+18	PT6T-6	渦輪噴射式	單	4	
5. 國華航空 (Formosa)	3		UH-12E	1+2	LYVO-540-C2A	活塞式	單		A,B,C
		2	S-76 C	2+12	Turbomecc Arriel	渦輪噴射式	雙	4	
6. 遠東航空 (Far Eastern)		2	S76C	2+12	Turbomeca Arriel 1S1	渦輪噴射式	雙	4	
7. 瑞聯航空 (U-Land)		6	Bell412EP	2+13	PT6T	渦輪噴射式	雙	4	
8. 大華航空 (Great China)		3	MD900	2+6	PWC206A	渦輪噴射式	雙	5	
9. 台灣航空 (Taiwan Airways)		2	Bell412EP	2+13	PT6T	渦輪噴射式	雙	4	
			BELL430	1+9	PWC206A	渦輪噴射式	雙	4	
			AS-365N2	2+12	Turbomeca Arriel 1C2	渦輪噴射式	雙	4	
			S-76 B	2+12	Turbomeca Arriel 1S1	渦輪噴射式	雙	4	
			S-76C(未定)	2+12	Turbomeca Arriel 1S1	渦輪噴射式	雙	4	
客運機型總計	15	26	總機數 41		雙引擎機數 30	單引擎機數 11			
航空貨運 中興航空 (Sunrise Airlines)	2		BK117B1/B2	2+8	LTS101-750B-1	渦輪噴射式	雙	4	A,B
	1		R-22	1+1	LYO320B2C	活塞式	單	2	
		3	R-22	1+1	LYO320B2C	活塞式	單	2	
政府機隊 警政署 空中警察隊	7		AS365N2	2+12	Turbomeca Arriel 1C2	渦輪噴射式	雙	4	
	5		Hughes500			渦輪噴射式	雙		
	2		Hughes300			渦輪噴射式	雙		
		13	AS365N2	2+12	Turbomeca Arriel	渦輪噴射式	雙	4	

註：A 級修護能量：15 天或使用 25 小時之修護。

B 級修護能量：半年或使用 300 小時之修護。

C 級修護能量：年度保養或使用 600 小時之修護。

D 級修護能量：五年或使用 3000 小時之入廠修護。

資料來源：各航空公司運輸籌設申請書

依據九家參與直昇機客運營運業者的現有機隊與預定機型分析比較而言，國內直昇機市場以 Bell 市場佔有率 39% 為最高，其次依序為 Eurocopter、Sikorsky 及 MDH。其中值得注意的是有別於國際上的趨勢，在我國 Sikorsky 的訂購量反而大於訂購 MDH 先進機體設計機型之數量。有關我國直昇機市場佔有率以製造商分類來統計，結果如表 2.10 所示。

表 2.10 我國直昇機市場製造廠商佔有率統計

廠商名	現有機隊數	所佔比率	預訂機數	比率
Bell	16	39%	13	42%
Eurocopter	8	19.5%	7	22.6%
Sikorsky	6	14.6%	6	19.4%
MDH	3	7.3%	3	9.7%
其他	8	19.5%	2	6.45%

資料來源：運輸業籌設申請書

比較未來業者預訂租購直昇機之機隊數，依序為：德安 6 架、瑞聯 6 架、亞太 5 架、台北 3 架、大華 3 架、凌天 2 架、國華 2 架、遠東 2 架、台灣 2 架。依公司載客單次能量之排名依序則為瑞聯(78 人)，亞太(62 人)，德安(57 人)，台北(53 人)，凌天(36 人)，國華(24 人)，遠東(24 人)，大華(18 人)，有關國籍航空公司預訂租購直昇機之機隊數與單次載客能量，詳如表 2.11 所示。

一般而言，國際上之單引擎直昇機皆數倍於雙引擎直昇機，主要由於各國在直昇機的多用途運用上，充分區分客運及其他用途的任務取向，因此在運動休憩、貨運、農噴探勘上已具備成熟的市場，且先進國家發展私人直昇機

已頗具成效之故。

表 2.11 我國國籍航空公司訂租購直升機預定排行表

機隊數排名	單次載運能量(人次)排名
德 安(6)	瑞 聯 (78 人)
瑞 聯(6)	亞 太 (62 人)
亞 太(5)	德 安 (57 人)
台 北(3)	台 北 (53 人)
大 華(3)	凌 天 (36 人)
凌 天(2)	國 華 (24 人)
國 華(2)	遠 東 (24 人)
遠 東(2)	大 華 (18 人)
台 灣(2)	*台航機型未明確不予以統計

資料來源：運輸業籌設申請書

而由表 2.9 之資料可知，未來我國民用直升機總數 47 架中，單雙引擎直升機的數量分別為 14 架及 33 架，雙引擎機數反而較單引擎機數為多，這是有別於其他國家的直升機引擎分佈狀況。

依據國際民航組織(ICAO)的 Annex 6 Part 3 和歐洲聯合航空協會(JAA) JAR OPS 3 之規定，均對單引擎直升機機型在人口稠密地區，經營直升機載客之飛行加以限制，其生效期分別為 1990 年及 1996 年。因此民航局在開放直升機客運市場時，依據民用航空運輸業管理規則第十一條規定，已先設定「民用航空運輸業申請經營直升機運輸業務者其客運直升機應為雙渦輪引擎，貨運直升機應為單渦輪引擎」前提，才產生我國直升機隊結構和他國不同的現象。

2.4 結語

隨著世界各國經濟蓬勃成長，進而帶動全球空運市場快速成長，依據未來迄2003年之預測顯示，無論定翼機或直昇機之空運市場仍將持續成長。

由於直昇機具有垂直起降、可滯留空中、可目視飛行等特性，故可突破山川地形上之阻隔。在國外多用於中短程商業通勤與休閒旅遊運輸用途，以及空中地形測繪、攝影與轉播、海陸山區搜索與救助、森林救火與高樓救難、海底與地下礦物探勘、空中吊掛等特殊任務。

雖然目前在國內直昇機仍以軍事用途為主，而民用直昇機部分則係歸屬普通航空運輸業務，包括石油探勘、空照製圖、傷患急救、火災防治、噴灑農藥、路況監視等。因應國內整體運輸發展之需要，政府已政策宣示開放直昇機作為客貨運輸業務，業界亦積極籌備訂購或租賃直昇機中，相信日後直昇機除可提供高時間價值之客貨運輸服務，以有效紓解地面運輸系統之壅塞與瓶頸外，並可充分利用低層空域之容量。

本章參考書目

1. 航太產業報導，民國 84 年 1 月出版。
2. GESSOWMYERS, Aerodynamics of The Helicopter.
3. 張德光, 直昇機, 五洲出版社.
4. 1995 Annual Report, Aviation System Indicators.
5. 直昇機與日常生活, 直昇機航空雜誌第七期.
6. 直昇機產業現況與發展透析, 航空產業報導 ITRIAS--F202.

第三章 國內外直昇機飛安資料之比較分析

本章首先說明全球直昇機數量分佈，接著分析佔全球直昇機近半數之美國直昇機事故資料，並利用移動平均來比較其 1994 年與 1995 年之失事資料，以進行其直昇機安全傾向分析；最後說明其他國家與我國直昇機飛安事故資料之統計與分析。

3.1 全球直昇機數量分佈

直昇機在各國的發展情況十分不均，在數量的分佈上有多達上萬者，亦有少至數十架者；而其任務型態及限制飛行條件也不一，因此在分析各國直昇機的安全情況時，常因立足點不一而無從比較起。

若以 1995 年全球民用直昇機數量分佈而言，排名依序為：美國 10,260 架、加拿大 1,596 架、日本 1,111 架、法國 889 架、英國 814 架、德國 757 架及其他國家合計 6,573 架，詳如表 3.1 所示。

表 3.1 1995 年全球直昇機數量分佈排名統計

國 家	數 量	佔有率
美 國	10,260	46.60%
加 拿 大	1,596	7.25%
日 本	1,111	5.05%
法 國	889	4.04%
英 國	814	3.70%
德 國	757	3.44%
其 他	6,573	29.92%
總 計	22,000	100.00%

資料來源：工研院航太中心

由該表即可明顯看出世界各國直昇機數量分佈差距頗大，若以全球直昇機總數粗估為 22,000 架而言，僅美國一個國家直昇機隊已佔全球的 46.4% 近半矣，因此在取樣進行飛安資料之統計分析時，由於該國之資料量大，較易進行完整的分析處理，且對直昇機航空事故之肇事原因亦較能充份瞭解，故國外資料將偏重美國的直昇機部分。

3.2 美國直昇機飛安事故資料統計與分析

本節針對美國聯邦航空總署 (FAA) 統計之直昇機飛安事故資料進行分析，包括直昇機與定翼機之失事率比較，並將直昇機事故資料進行移動平均處理後之比較分析。

3.2.1 美國直昇機之事故資料分析

依據美國聯邦航空總署 (FAA) 之資料顯示，自 1983 年到 1995 年的十萬飛行小時失事率平均值為 9.06，其最大失事率高峰值發生在 1983 年及 1994 年，1983 年為 10.64 次/每十萬飛行小時；但從 1983 年到 1987 年間失事率呈遞減趨勢，1988 年起呈增長趨勢。1988 年後之失事次數雖較以往增加不多，但隨其飛行小時數之變動，在 1994 年達到 10.61 次/每十萬飛行小時之高峰。有關美國自 1983 年到 1995 年的直昇機失事次數、飛行小時數及十萬飛行小時數失事率的數據，詳如表 3.2 及圖 3-1 所示。

由直昇機與定翼機的飛行狀態來比較，前者的每小時高起降特性迥異於後者，巡航狀態的時間非常短，因此在飛行小時內有多次的進離場次數，故依據十萬飛行小時失事率來比較直昇機和定翼機的失事率是一種不公平的作法。較合理的分析方法為每十萬離場次數的失事率，但在離場資料的蒐集上並不容易，即使美國亦無完整的統計資

料，因此國際上普遍使用粗估的平均值來計算，也就是每一飛行小時約有三次離場，平均一航次任務時間約為 20 分鐘。據此可知，每十萬離場的失事率為十萬飛行小時數的三分之一。

表 3.2 1983-1995 年美國直昇機失事率統計

年份	失事次數	飛行小時數	十萬飛行小時失事率
1983	264	2,480,501	10.64
1984	272	2,636,459	10.32
1985	235	2,512,298	9.35
1986	219	2,465,858	8.88
1987	191	2,451,832	7.79
1988	197	2,475,995	7.96
1989	210	2,613,340	8.04
1990	216	2,440,119	8.85
1991	190	2,355,402	8.07
1992	194	2,074,207	9.35
1993	176	1,940,796	9.07
1994	207	1,950,586	10.61
1995	161	1,833,532	8.78

資料來源：美國 FAA 之統計

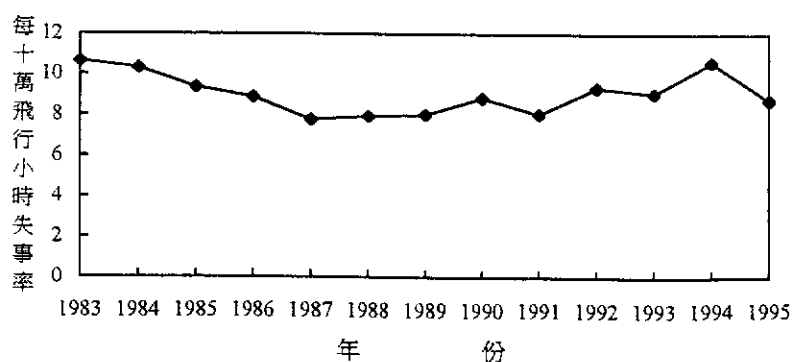


圖 3-1 1983-1995 年美國直昇機失事率統計圖

另外若依循前述失事率的作法，來處理事故次數 (incident)、飛行小時數及十萬飛行小時事故率的數據，則如表 3.3 及圖 3-2 所示。

表 3.3 1982-1995 年美國直昇機事故率統計分析

年份	事故數	飛行小時數	每十萬飛行小時失事率
1982	115	2,713,130	4.24
1983	99	2,480,501	3.99
1984	79	2,636,459	3.00
1985	91	2,512,298	3.62
1986	98	2,465,858	3.97
1987	89	2,451,832	3.63
1988	111	2,475,995	4.48
1989	108	2,613,340	4.13
1990	119	2,440,119	4.88
1991	103	2,335,402	4.37
1992	86	2,074,207	4.15
1993	96	1,940,796	4.95
1994	81	1,950,586	4.15
1995	113	1,833,532	6.16

資料來源：同上表

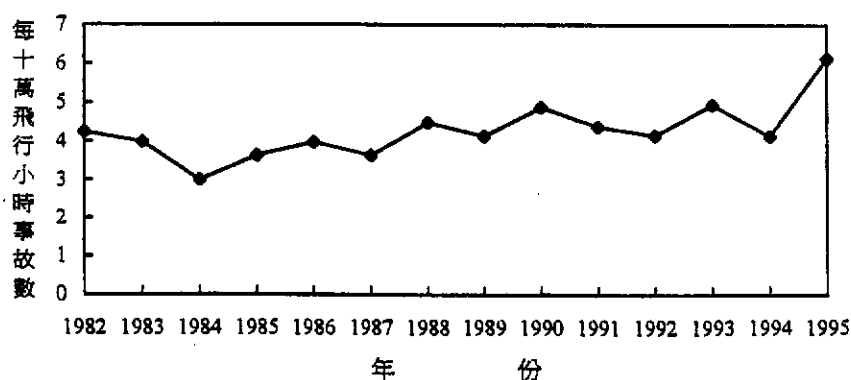


圖 3-2 1982-1995 年美國直昇機事故率統計圖

依據美國國家運輸安全委員會(National Transportation Safety Board, NTSB)對失事(Accident)與事故(Incident)的定義：所謂失事是「因為飛機的操作而產生的狀況，發生在一些為了飛行的目的而登機的人，在登機及離機的時間內，遭遇死亡、或嚴重受傷、或飛機受到嚴重的損傷謂之。」且規定飛機的駕駛員須在失事發生後十日內立刻向該委員會通報。(註 1.)

而所謂的事故定義為：「除了失事的狀況之外，在飛機操作下產生影響飛機安全操作的狀況。」(註 2.)

值得注意的是在 1982 年至 1995 年的資料中，美國的直昇機在同一個飛行小時數的基礎下，事故(indicent)的發生率比失事(incident)的發生率還低。

依據國際上知名的麥巴理論顯示：失事(incident)及事件(event)的發生率為 1 : 600，並由失事以比例擴增，依序為重大失事(serious injury)、輕微失事(minor injury)、意外事件(damage)及危險事件(event)。故由此可知事故的發生率小於失事的發生率並不合理，可能的原因為直昇機的事故報告並不如定翼機嚴謹，由於直昇機在美國相當普及，而輕微事故並無危害大眾的可能，所以造成書面報告上事故的發生率比失事的發生率還低。

另由於直昇機一旦因航員失誤、材料失效及狀況產生後，每發生三次狀況將導致一次的事故產生以及二次的失事。這項數據顯示直昇機發生狀況後，不論是飛行組員、材料失效、維修失誤、氣象等失事主要原因，均較定翼機的“容忍度”小很多，也就是修正錯誤狀況及容忍錯誤操作的標準太低。因此在容忍度較小的狀況下，才會產生直昇機的失事率大於事故率的數據，此項數據亦顯示出直昇機可能因系統設計不足，才有容忍度不足的現象。

3.2.2 美國直昇機與其他機型事故資料之比較

本節依據美國聯邦航空總署 (FAA) 對大型航空運輸 (Large Air Carrier)、普通航空 (General Aviation) 與直昇機 (Rotorcraft) 等各種不同機型之失事資料進行統計分析，首先針對該三類之定義加以說明如下：

1. 大型航空運輸 (Large Air Carrier)：

係指符合 FAR Part 121 或 127 規定之定期及不定期航空操作。(註 3.)

2. 普通航空 (General Aviation)：

除了航空客運之外的一部份民用航空器。(註 4.)

3. 直昇機 (Rotorcraft)：

一種主要依靠一片或多片的旋翼葉片產生的升力來支持比空氣重的飛機機身的飛行器。(註 5.)

若以同一時期 (1989~1995 年) 的不同機型失事資料來比較，失事次數方面以普通航空每年平均 2,114 次為最高，其次為直昇機每年平均 193 次，而以大型航空運輸每年平均 25 次為最低。再依每十萬飛行小時失事率而言，大型航空運輸每十萬飛行小時失事率平均為 0.2；而普通航空失事率平均為每十萬飛行小時 8.71 次遠較大型航空運輸高了 50 倍左右；至於直昇機之十萬飛行小時失事率平均為 8.97 次較普通航空的失事率仍為偏高。究其原因為大型航空運輸在預防影響飛航安全相關因素之各項條件上均較後二者為佳或較著重，例如其航員之教育訓練較為注重、航電機械及輔助安全之設施較為精密，維修程序較為嚴謹等，使得其失事率因而較低，如表 3.4 及圖 3-3 所示。

表 3.4 美國大型航空運輸、普通航空及直昇機失事資料統計

年份	失事次數			飛行小時數			每十萬飛行小時失事率		
	大型航空運輸	普通航空	直昇機	大型航空運輸	普通航空	直昇機	大型航空運輸	普通航空	直昇機
1989	28	2,233	210	11,274,543	27,920,000	2,613,340	0.25	8.00	8.08
1990	24	2,215	216	12,150,116	28,510,000	2,440,119	0.20	7.77	8.85
1991	26	2,177	190	11,900,023	27,226,000	2,355,402	0.22	8.00	8.07
1992	18	2,074	194	12,508,618	23,792,000	2,074,207	0.14	8.72	9.35
1993	23	2,039	176	12,913,491	22,531,000	1,940,796	0.18	9.05	9.07
1994	23	1,991	207	13,306,485	21,873,000	1,950,586	0.17	9.10	10.61
1995	35	2,066	161	13,509,000	20,000,000	1,833,532	0.26	10.33	8.78
平均	25	2,114	193	12,508,896	24,550,285	2,172,569	0.2	8.71	8.97

資料來源：美國 FAA[3]

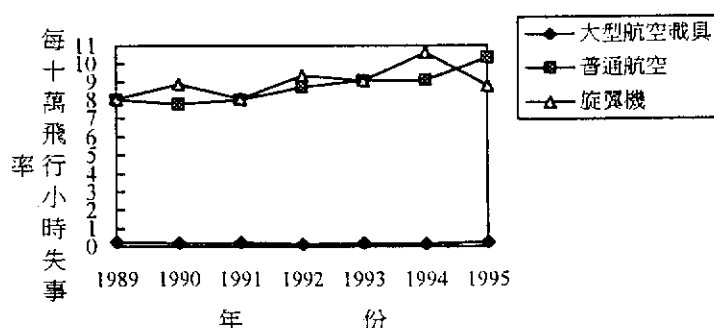


圖 3-3 美國三類航空運輸之失事統計圖

3.2.3 美國直昇機事故資料移動平均處理後之比較分析

由於統計模型利用移動平均處理可獲得時間序列之趨勢分析，而不受單月或單年大量數據變動的影響。統計學上所謂移動平均(Moving Average)之定義為：對時間序

列中的季節成份(Season Component)和循環成份(Cycle Component)加以處理調整後的一種平均。當一時間序列繪圖時，可能因其季節成份或循環成份的存在，使人很難看清其基本趨勢(Trend)。但經採取適當的移動平均卻能將這些成份清除，亦是求長期趨勢的一種方法，其作法是將所分析的時序序列 Y，逐年、逐季、逐月或逐日順序移動，陸續取若干年、季、月或日的數值平均之，得到一連串由平均數構的趨勢。

將美國 1994 年及 1995 年直昇機意外事件數運用移動平均處理之目的，即可將其每月的失事率以 12 個月作為移動平均間隔，而求出近二年來直昇機失事之趨勢線。在美國近二年之直昇機失事資料之處理上，經應用月移動平均來消除單月時間失事突增的影響後，可知其年移動平均率起伏並不大，每十萬小時失事移動平均率約介於 5~6 次左右，詳如表 3.5 及圖 3-4 顯示。

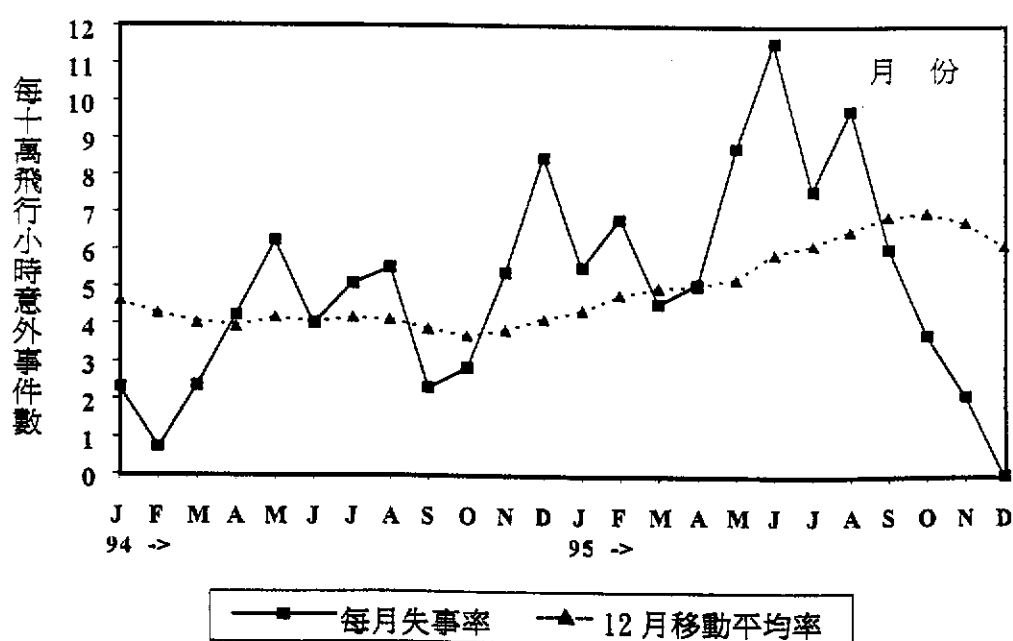


圖 3-4 美國直昇機失事率及移動平均率統計圖

表 3.5 1994-1995 美國直昇機意外事件統計

月份	意外事件數	飛行小時數	每月	12 月移動平均率
'94 一月	3	130,749	2.29	4.60
二月	1	138,998	0.72	4.29
三月	4	168,610	2.37	4.06
四月	7	164,736	4.25	3.96
五月	11	176,249	6.24	4.17
六月	7	173,860	4.03	4.07
七月	9	176,781	5.09	4.18
八月	10	180,861	5.53	4.13
九月	4	173,465	2.31	3.91
十月	5	175,657	2.85	3.69
十一月	8	148,828	5.38	3.85
十二月	12	141,791	8.46	4.15
'95 一月	7	126,622	5.53	4.37
二月	9	131,353	6.85	4.80
三月	7	153,038	4.57	4.99
四月	8	156,037	5.13	5.07
五月	14	160,173	8.74	5.27
六月	19	163,918	11.59	5.93
七月	13	171,079	7.60	6.16
八月	17	173,716	9.79	6.56
九月	10	164,721	6.07	6.91
十月	6	160,173	3.75	7.02
十一月	3	142,370	2.11	6.78
十二月	0	130,332	0.00	6.16

資料來源：美國 FAA 之統計

3.3 近五年美國直昇機安全傾向分析

依據美國國家運輸安全委員會(NTSB)及聯邦航空總署(FAA)近五年之直昇機事故資料加以彙總分析，其中1995年資料僅蒐集到9月底的數據，分別依直昇機失事次數、每十萬飛行小時與每十萬離場小時失事率等項加以比較，詳如表3.6所示。

表 3.6 1991-1995 年美國民用直昇機事故資料統計

項目\失事次數\年份	1991	1992	1993	1994	1995*
民航直昇機失事總數	195	170	179	207	168
直昇機致命失事率總數	25	30	41	48	25
致命人數	26	51	72	64	47
嚴重受傷失事數	50	63	52	47	38
輕微受傷失事數	79	64	83	90	55
每十萬飛行小時	1991	1992	1993	1994	1995*
失事率	8.55	11.19	8.19	10.89	8.4
致命失事率	1.50	2.56	1.71	2.53	1.2
傷亡率	2.55	4.50	3.29	4.42	2.3
嚴重受傷率	2.65	3.25	2.14	2.47	1.9
輕傷率	3.20	6.19	3.95	4.74	2.7
每十萬離場小時	1991	1992	1993	1994	1995*
失事率	2.83	3.73	2.73	3.63	2.8
致命失事率	0.50	0.85	0.57	0.64	0.4
傷亡率	0.85	1.50	1.10	1.47	0.8
嚴重受傷率	0.88	1.08	0.71	0.82	0.6
輕傷率	1.07	1.73	1.32	1.58	0.9

*1995年資料僅至九月底

資料來源：1996 Helicopter Annual.

表中仍依美國 1996 Helicopter Annual 的報告假設直昇機在於每一飛行小時計有三航次起降，故以三次離場次數計算，因失事次數及失事率在上節已述，故不再贅述，僅將表中數據對其它失事統計數據的現象做補充分析如后。

3.3.1 美國直昇機致命失事率之計算

若將直昇機致命失事次數除以所有失事次數，則可得每一次失事的致命失事次數機率，從 1991~1995 年分別為 0.128、0.176、0.229、0.232 及 0.149。若將波音公司對二萬公斤以上全球商用機隊 1959~1994 年的重大失事次數(1017 次)去除以致命失事次數(414 次)，計算可得定翼機每一次失事的致命失事次數機率平均為 0.41，則很明顯的觀察到直昇機致命的次數比率並不大，且定翼機較直昇機的比率高三倍，詳如表 3.7 所示。

$$\text{每次失事的致命失事次數比率} = \text{致命失事次數} / \text{所有失事次數}$$

(公式 3-1)

表 3.7 美國直昇機致命失事率與定翼機之比較

年份	直昇機每次失事的致命失事次數比率	1959~1994 全球二萬公斤以上商用機隊平均每次失事的致命失事次數比率
1991	0.128	0.41
1992	0.176	
1993	0.229	
1994	0.232	
1995*	0.149	
平均	0.182	

*1995 年資料僅至九月底

若分別將直昇機事故之死亡人數除以致命失事次數及失事次數，則可得每次致命失事平均死亡人數與每次失事死亡人數，其公式如 3-2、3-3 所示。計算結果平均每次直昇機致命失事有 1.64 人死亡，每次直昇機失事將有 0.306 人死亡，詳如表 3.8 所示。

每次致命失事平均死亡人數 = 死亡人數 / 致命失事次數 (公式 3-2)

每次失事平均死亡人數 = 死亡人數 / 所有失事次數 (公式 3-3)

表 3.8 直昇機每次失事與致命失事之平均死亡人數統計

年份	每次致命失事平均死亡人數	每次失事平均死亡人數
1991	1.12	0.144
1992	1.70	0.300
1993	1.76	0.400
1994	1.75	0.405
1995*	1.88	0.280
平均	1.64	0.306

*1995 年資料僅至九月底

3.3.2 美國直昇機失事受傷次數之計算

若將美國直昇機失事之嚴重受傷次數與輕微受傷次數除以每一失事次數後，則可得每次失事其嚴重受傷次數率與每次失事其輕微受傷次數率，其公式如 3-4、3-5 所示。計算結果平均每次直昇機失事之嚴重受傷次數率為 0.262，每次直昇機失事之輕微受傷次數率為 0.401，若與平均致命失事次數率 0.1826 比較，可知輕微受傷的比率最高，其次為嚴重受傷，而以平均致命失事次數率為最低，詳如表 3.9 所示。

每次失事其嚴重受傷次數率 = 嚴重受傷次數 / 失事次數 (公式 3-4)

每次失事其輕微受傷次數率 = 輕微受傷次數 / 失事次數 (公式 3-5)

表 3.9 美國直昇機每次失事之受傷次數率統計

年份	致命失事次數率	每次失事之 嚴重受傷次數率	每次失事之 輕微受傷次數率
1991	0.128	0.256	0.405
1992	0.176	0.312	0.376
1993	0.229	0.291	0.464
1994	0.232	0.227	0.435
1995*	0.149	0.226	0.327
平均	0.1826	0.262	0.401

*1995 年資料僅至九月底

3.4 其他國家直昇機飛安事故資料之統計分析

由於其他國家之直昇機飛安事故資料蒐集不易，本節僅就可取得之紐西蘭、澳洲與法國等三國直昇機飛安事故資料加以說明。

3.4.1 紐西蘭直昇機飛安事故資料之統計分析

依據亞洲航空雜誌(Asian Aviation, March 1995)報導，紐西蘭於世界各國的航空器飛安紀錄中表現一直極為出色，然而談到直昇機之飛安，該國便顯得顏面無光，因為在 1994 年該國即發生 39 次以上之飛安事故，其中更有 4 次係屬於載運付費旅客之意外事件。

另外，紐西蘭觀光業者所推出之冒險飛行(Adventure aviation)，如「高空彈跳」、「低空景觀冰上飛行」及「戰鳥飛行」等幾項旅遊方式，雖極受到觀光客的喜愛，惟因意外事故頻傳，例如過去五年即有 30 位以上的外國旅客是死於「低空景觀冰上飛行」的飛行意外，致使紐西蘭政府深刻體認，無論在觀光旅遊與飛行安全上，均應加強此方面之監督管理。

3.4.2 澳洲直昇機飛安事故資料之統計分析

另依據1995年國際飛航雜誌(Flight International, Sept.1995)之報導，澳洲在1990年由交通部航空安全調查局(Bureau of Air Safety Investigation, BASI)詳細追蹤1979-1988年這十年間澳洲飛機之安全績效，分析顯示在已知的意外事件發生因素中，不論是渦輪式引擎或活塞動力為主的直昇機，皆為同樣的脆弱。譬如，駕駛員判斷錯誤約佔60%，地形因素則佔20%。此外，在飛行過程中，所引發的嚴重程度亦皆相同。

澳洲在過去七年中(1988-1994年)，直昇機所發生之意外事故中，最高者首推農業飛行69.5次/十萬小時，其餘依序為測試及空運飛渡(test and ferry flying)之42.7次/十萬小時，訓練(training)之38.6次/十萬小時、空中像/繪製地圖/調查用之16.7次/十萬小時及包機之12.7次/十萬小時等，如表3.10所示。

表3.10 1988-1994年澳洲直昇機各種任務意外事故統計

單位：次/100,000小時

任務別	平均發生
農業	69.5
測試及空運飛渡	42.7
訓練	38.6
私人/洽商用	29.4
放牧	19.3
空中照像/繪製地圖/調查用	16.7
包機	12.7

資料來源：Flight International, Sept. 1995.

3.4.3 法國直昇機飛安事故資料之統計分析

依據中華航空事業發展基金會委託淡江大學航空太空工程學系民國八十五年十二月之研究指出[3]，法國自 1990 年至 1994 年直昇機飛行安全事故統計資料中，提供大眾運輸載客方面平均每年約有 1.8 次意外，其中 0.6 次屬於嚴重失事；在空中工作方面平均每年約有 25.8 次意外，其中 3 次屬於嚴重失事；但 1994 年降至 14 次；個人用途方面平均每年約有 22.8 次，其中 7 次屬於嚴重失事，已呈下降趨勢。

3.5 我國直昇機飛安事故資料之統計分析

本節首先說明我國直昇機飛安資料庫格式與內容，接著依事故資料庫各細項進行統計分析；最後再將直昇機與定翼機事故加以比較。

3.5.1 我國直昇機飛安事故資料庫之格式與內容

本研究將我國自民國 60 年至 84 年直昇機致命失事事件的資料建檔，該資料庫係調閱民航局原始的資料檔案，經重新整理後將每次事件概分為一般狀況、駕駛員狀況及主因分析建議，該資料庫之格式與內容略述如下：

1. 一般狀況：

我國直昇機飛安事故資料庫一般狀況紀錄項目多達二十二項，其項目內容如表 3.11 所示。

2. 駕駛員狀況：

駕駛員狀況方面之紀錄包括正駕駛及副駕駛的年齡、經驗及失事機種經驗等三項。

表 3.11 我國直昇機飛安事故資料庫一般狀況紀錄項目

日期：失事時間	死亡人數：死亡幾人(含地面)
機號：機身編號	受傷人數：受傷幾人(含地面)
所屬公司：公司名稱	是否距機場 1/2 哩：在機場週邊否
失事地點：失事地方	飛航狀態：失事時在何種飛航狀態中
失事機型：機體種類	氣象狀況：氣象如何
引擎型式：引擎種類	助航狀況：助航設備如何
任務型態：出何種任務	維修狀況：維修是否正常
失事機齡：機身的使用年數	通訊狀況：通訊如何
機身總飛行時數	CVR：座艙通話是否有記錄
失事前總起降架次	DFDR：飛航資料是否有記錄
機上乘員人數	火災：失事後是否有火災

3. 肇事主因分析與建議：

肇事主因分析與建議方面則包括肇事之可能主因、分析、建議以及失事經過概述等四項，據以判定可能的失事主因；再依據潛在及引發的表象因素加以分析並提出建議；且對於失事的過程概括加以描述。

我國在近二十餘年(1971-1995年)來共計發生 17 件直昇機意外事故，其中 74 年及 79 年的資料並不完整。有關我國歷年來直昇機的飛安事故紀錄詳請參閱附錄一。

3.5.2 我國歷年來直昇機飛安事故資料之統計分析

茲將我國自 1971 年至 1995 年來所發生之 17 件直昇機意外事故，依事故資料庫各項目之紀錄彙整分析如后：

1. 直昇機失事主因：

由於每件失事中可能包含兩種以上之原因，依據民航局直昇機失事紀錄資料所統計的 27 個主因中，計 17 件次佔 63% 可能涉及人為因素，而有 6 件次佔 22.2% 可能為機械因素，有 3 件次佔 11.1% 可能為氣象因素，有 1 件次佔 3.7% 為原因不明，詳如表 3.12 及圖 3-5 所示。

表 3.12 我國歷年直昇機失事主因分析

失事主因	件次	所佔比率
人為因素	17	63.0%
機械因素	6	22.2%
天候因素	3	11.1%
原因不明	1	3.7%
小計	27	100%

資料來源：交通部民用航空局

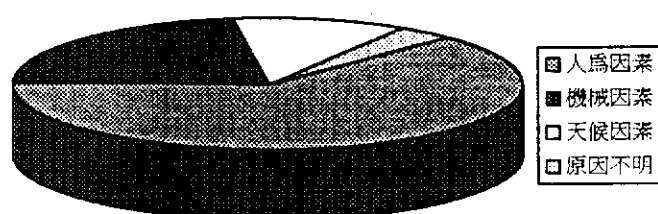


圖 3-5 我國歷年直昇機失事主因統計圖

2. 飛航狀態：

飛航狀態在理論上原可區分為卸裝載、起飛、初期爬升、爬升、巡航、降落、初期近場、最終近場及著陸等九個階段。但因我國的失事調查中歷年均未制定詳細之表格紀錄，故統計分析上無法如國外般詳盡。因此本研究僅粗分為三大項：起飛(包含卸裝載、起飛、初期爬升、爬升)、巡航、降落(包含降落、初期近場、最終近場、著陸)。

在我國歷年失事的飛航狀態中，以巡航計 9 次所佔比率 53%最高，其次為降落計 7 次所佔比率 41.2%，如表 3.13 及圖 3-6 所示。

表 3.13 我國歷年直昇機失事飛航狀態表

飛航狀態	件次	比率
起 飛	0	0.0%
巡 航	9	53.0%
降 落	7	41.2%
不 明	1	5.8%

資料來源：交通部民用航空局



圖 3-6 我國歷年直昇機失事飛航狀態統計圖

由於直昇機飛行於低空域中撞及障礙物及臨時狀況發生的機率較高，由我國直昇機 9 件巡航失事中有 5 件係因農噴而失事，顯見愈低空的飛行將使失事發生的比率大增，而 7 件降落狀態失事中就有 3 件是訓練的熟悉飛行所產生，值得各相關單位在航務的人力及安全管理上，須特別注意防範直昇機在巡航與降落時之安全。

3. 致命率及受傷率：

我國歷年來直昇機失事統計機上乘員共 57 人，17 件失事計造成機上死亡與受傷各 18 人，地面上受傷及死亡人數各 1 人，故機上乘員致命率約為 31.6%，傷亡率為 63.2%，也就是說一旦發生失事 100 人機載乘員中將有近 37 人不致傷亡，以及近 69 人的存活率。由直昇

機失事僅造成 31 人致命得比率看來，其致命的比率遠較定翼機(85%以上)低得多，顯示直昇機開放客貨運輸後，飛行員應充分運用直昇機的空氣動力特性，使失事發生後能將人員傷亡減到最低。

另據資料顯示，絕對致命(致命乘員/機載乘員=1)的 4 件失事皆發生在巡航狀態中，而其飛行員年齡平均為 46 歲，駕駛員經驗平均飛時為 4,938 小時，均屬經驗豐富的駕駛，失事主因皆屬人為因素。巡航、壯年、豐富經驗的完美組合卻造成致命的高比率，且係人為因素所致，特別突顯飛行員的輕忽與疏失將釀成無可挽救的災害。日後開放直昇機客運將引進高乘載機型，如何避免事故發生所造成資源的更大損失，實值得管理者及政府主管監督者深思。

4. 機齡分佈：

本研究特將資料庫中所紀錄之 12 個樣本其機齡做一區分，分別為 0~3 年、4~10 年、10 年以上三群組，分析顯示以 4~10 年的直昇機計有 6 件失事比率佔 50% 為最高；0~3 年的直昇機計有 4 件失事比率佔 33.3% 次之；而 10 年以上機齡計有 2 架失事比率佔 16.6% 又次之，詳如表 3.14 所示：

表 3.14 我國歷年直昇機失事機齡分佈

機 齡	架 次	比 例
0~3 年	4	33.3%
4~10 年	6	50.0%
10 年以上	2	16.6%
小 計	12	100.0%

*本研究整理

根據失事紀錄 4~10 年的直昇機因其數量佔有率較高，故相對的其失事率亦較高；而 3 架 10 年以上的直昇機即有 2 架之失事可歸因於機械故障，故在維修上須加強其檢查潛在危險因素的能力。雖然機齡較高的飛機發生機械故障的可能性較高，但值得注意的是高機齡的 2 架直昇機因機械故障失事，卻無人員因此致命。

5. 機身總飛行小時數：

本研究特將資料庫中所紀錄之 14 個樣本的直昇機總飛行小時做一區分，分為 1~1,000 小時、1,001~2,000 小時、2,001 小時以上等三群組，其中以 1~1,000 小時直昇機發生失事計 6 件佔 42.9% 為最多，2,001 小時以上者計 5 件佔 35.7% 次之，1,001~2,000 小時者計 3 件佔 21.4% 又次之，詳如表 3.15 所示：

表 3.15 我國歷年直昇機失事機身總飛行小時數

總飛行小時	發生件數	發生比率
1~1,000 小時	6	42.9%
1,001~2,000 小時	3	21.4%
2,001 小時以上	5	35.7%
小計	14	100.0%

* 本研究整理

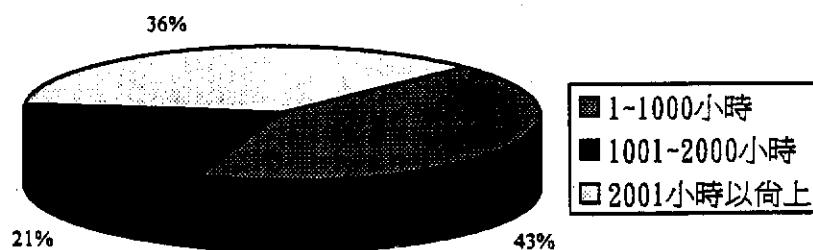


圖 3-7 我國歷年直昇機失事機身總飛行小時數統計

由該表顯示我國歷年來失事的總飛行小時件數分佈以 1~1,000 小時計 6 件佔 42.9% 為最多，值得注意的是其飛行員的機種駕駛經驗平均僅為 315 飛行小時，比起總平均機種經驗 1,035 小時少了很多，可見新機種在換裝時，由於駕駛員訓練及經驗之不足，較易造成直昇機的失事，值得業者加以防範。

6. 依飛行任務別：

在直昇機發生之 17 次事故中，依任務別之前三名首推農噴之 6 次失事佔 35.29%、其次為訓練與運補均各為 3 次分佔 17.65%，詳如表 3.16 所示。

表 3.16 我國歷年直昇機失事任務別統計

任務別	發生件數	發生所佔比率
農噴	7	41.2%
探勘運輸	4	23.5%
訓練	3	17.6%
飛渡	2	11.8%
空拍	1	5.9%
小計	17	100%

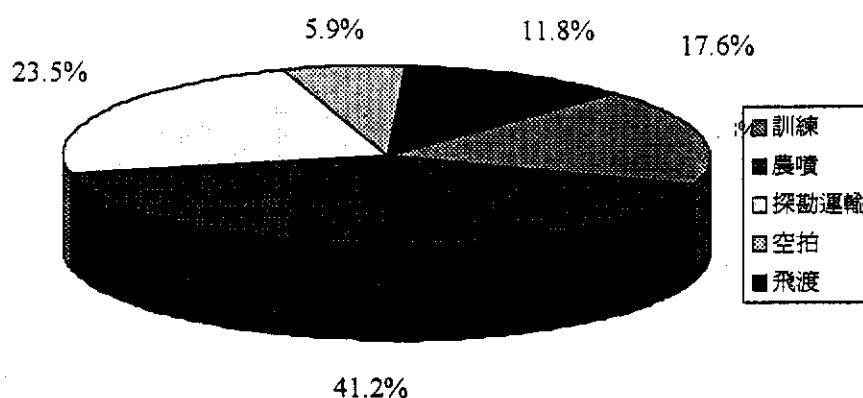


圖 3-8 我國歷年直昇機失事任務別統計圖

由於直昇機農噴作業係在低空飛行，較易撞擊電纜、電線、電桿、地障等障礙物，故其在所有任務狀態失事比率為最高。究其失事主要原因為駕駛員未注意障礙物、低高度飛行之反應時間不夠、農藥裝載外洩等，均很容易造成失事。

7. 火災發生率：

在 17 件直昇機失事中，只有 84 年的兩件失事有火災的狀況發生，這二件火災事件，主要係因撞山及共振之高撞擊力使燃油滲出，在撞擊的瞬間發生火災所致。而直昇機的緊急事件處理中，往往反應時間較定翼機少了許多，因此燃油留存油箱的情形往往較多，火災不易避免，因此加強油箱的分隔結構及防爆泡棉的裝置實屬必要。

8. 氣象狀況分佈：

直昇機受到天候因素影響的失事包括：順風降落、能見度差、濃霧迷向共計 3 件，因能見度及控制不良撞擊天線及電線計 2 件，因儀器能力不足失事計 2 件，因風向瞬間變化反應不及計 1 件，這也是直昇機平台降落最危險的狀況，值得業者加以注意與防範。

9. 旋翼撞擊：

旋翼撞擊失事包括尾旋翼撞擊及主旋翼撞擊，在 17 次失事中共發生了 3 件旋翼撞擊失事，由於國外極重視高密度的城際客運其旋翼撞擊事件，而由我國歷年的失事紀錄中旋翼撞擊的事件佔了 17.6% 的比例，和國外相比其差距並不大，將在後一章節探討其可能肇事原因。

10. 距機場 1/2 哩之失事：

由於距機場 1/2 哩的失事，攸關於民間設置之起降場或政府營運之機場週邊住商民眾的安全，而在我

國歷年來 17 件直昇機失事中有 4 件是發生於機場週邊 1/2 哩處，佔失事事件的 23.5%，值得業者加以注意防範。日後我國開放直昇機載客營運後，由於民航局規定直昇機應採取雙渦輪引擎機型，目前尚無法據此推論該機型在場站附近失事是否高風險，僅列出歷年失事的比值供參考。

11. 駕駛員年齡分佈：

本研究將直昇機 17 件失事紀錄中，駕駛員之年齡區分為 30~40 歲、41~50 歲、51 歲以上等三群組，統計分析如表 3.17 所示。

表 3.17 我國歷年直昇機失事駕駛員年齡分佈

年齡分佈	駕駛員人數	發生比率
30~40 歲	5	33.3%
41~50 歲	6	40.0%
51 歲以上	4	26.7%
平均	44.5 歲	100.0%

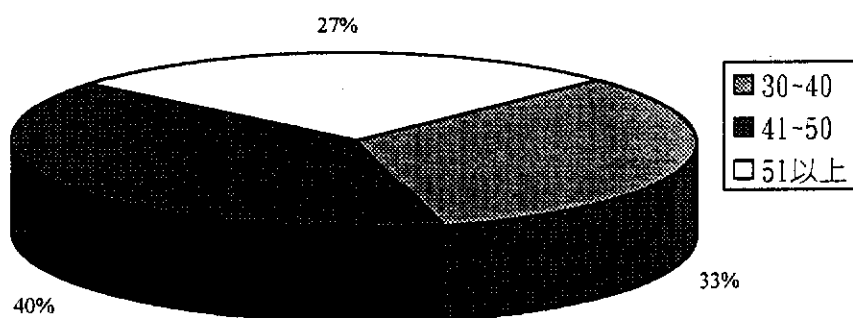


圖 3-9 我國歷年直昇機失事駕駛員年齡分佈圖

一般而言，駕駛員年紀若較長，理論上其直昇機經驗較為豐富，故預期其駕駛員年齡和反應應呈比例關係。惟依據國內資料顯示，失事之飛行員年齡分佈相當平均，故並無所謂年齡和反應呈比例關係。

12. 駕駛員機種經驗：

本研究將直昇機 17 件失事紀錄中，駕駛員對駕駛機種之經驗區分為 0~1,000 小時、1,001~2,000 小時、2,001 小時以上等三群組，分析如表 3.18 所示。

表 3.18 我國歷年直昇機失事駕駛員對駕駛機種之經驗分佈

駕駛機種經驗	次數	發生比例
0~1,000 小時	8	57.1%
1,001~2,000 小時	4	28.6%
2,001 小時以上	2	14.3%
小 計	14	100.0%

由該表顯示，駕駛員對所駕駛之機種經驗愈多，則失事的機率愈低，亦即對此型飛機的熟悉程度愈高，遭遇臨時狀況之應變能力則愈強，因此呈現出機種經驗與失事比例呈反比關係。

3.5.3 我國直昇機與定翼機飛安事故之比較分析

為比較我國直昇機與定翼機之飛安事故資料，本節特將民國 75 年至 84 年我國普通航空業之直昇機飛安事故資料依每十萬飛小時計算失事率，結果國籍直昇機每十萬飛小時失事率平均約為 44.22，如表 3.19 與圖 3-10 所示。

由國籍直昇機平均失事率 44.22 次/每十萬飛小時，與飛安基金會所列相同期間國籍航空器二萬公斤以上定翼機平均 0.49 次/每十萬飛行小時失事率，以及二萬公斤以下定翼機平均 1.18 次/每十萬飛行小時失事率而言，直昇機顯然偏高許多，如圖 3-11 所示。值得一提的是，國籍直昇機雖然民國 83 年的失事率曾高達 109 次/每十萬飛行小時，惟民國 76，77，81，82 年卻都沒有失事發生。

表 3.19 我國歷年直昇機飛行小時失事率統計

年份	飛行時間 hour+min	失事次數	每十萬小時失事率
75	1394+43	1	71.70
76	1378+12	0	0
77	1141+44	0	0
78	2023+15	1	49.43
79	2048+46	1	48.81
80	1621+43	1	61.66
81	2053+46	0	0
82	1999+30	0	0
83	1822+46	2	109.72
84	2026+44	2	76.72
75-84	18091+9	8	44.22

說明：1. 資料包含臺航(75年起)、國華(75年份起)、亞太(77年份起)、中興(80年份起)、臺北(82年份起)、達信(83年份起)、凌天(84年)各航空公司之直昇機飛行時間。

2. 臺航無法取得各航空器之逐年飛行時間，改以該直生機總飛行時間除以使用總月數獲得每年平均飛行時數並計入各年份之飛行時間。

資料來源：交通部民航局標準組

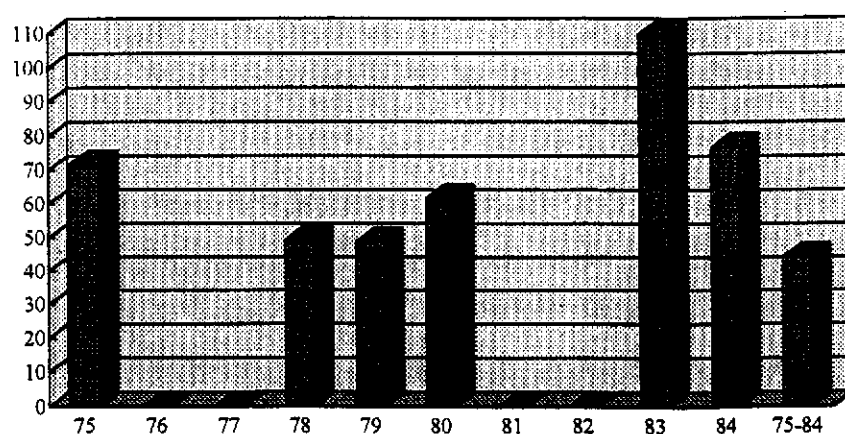


圖 3-10 我國歷年直昇機十萬飛行小時失事率統計圖

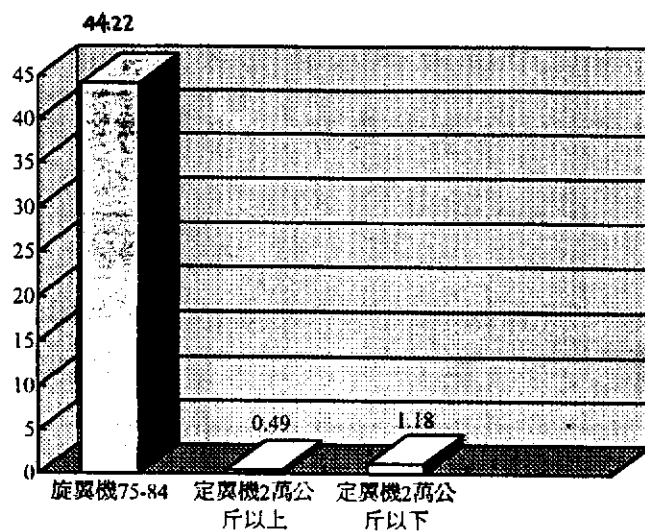


圖 3-11 我國歷年定翼機及直昇機失事率比較

3.6 結語

若比較美國與我國直昇機之飛安事故資料，對照美國 1986~1995 年的失事率 8.74/每十萬飛行小時而言，我國直昇機失事率 44.22/每十萬飛行小時之比率為 5 倍於美國的安全紀錄。若以定翼機二萬公斤以上之失事率作為基準比值作為 1，則其與定翼機二萬公斤以下、以及直昇機之比值為 1:2.4:90，顯示我國普通航空業紀錄尚佳，而直昇機的相對失事率則高出許多。

由於美國的飛安事故紀錄包括所有直昇機客貨運及普通航空業，而我國僅涵蓋在直昇機開放客運前的高危險任務的普通航空業失事資料，因此雖不能據此斷言我國的直昇機載客飛航將具潛在之人為疏失，但由國外直昇機事故資料分析結果所提供之訊息，卻可供主管機關體認到在直昇機開放客運業務後，必須儘早研訂相關之預防策略。

本章附註說明：

註 1. Accident: occurrence associated with the operation of an aircraft which takes place between the time any person boards the aircraft with the intention of flight and all such persons have disembarked , and in which any person suffers death or serious injury , or in which aircraft receives substantial damage.

註 2. Incident: occurrence other than an accident, associated with the operation of an aircraft, which affects or could affect the safety of operations.

註 3. Large Air Carrier : Scheduled and nonscheduled aircraft operating under FAR Parts 121 or 127.

註 4. General Aviation: That portion of civil aviation that encompasses all facts of aviation except air carriers.

註 5. Rotorcraft : A heavier-than-air aircraft that depends principally for its support in flight on the lift generated by one or more rotors. Includes helicopters and gyroplanes.

本章參考書目

1. 波音公司 1996 全球機隊失事趨勢報告。
2. 中華航空事業發展基金會，台灣地區直昇機運輸網路之規劃，民國八十五年十二月出版。
3. Composite Profiles of Helicopter Mishaps at Heliport and Airport, FAA, U. S. A.
4. Flight international, 16-22 October 1996.

第四章 影響直昇機飛航安全之因素分析

本章首先探討世界各國直昇機失事之肇事原因，包括我國與國外如澳洲之資料，但主要針對美國個案進行詳細分析；接著就影響直昇機飛航安全之場站規劃、航管、維修、法規、人員培訓等因素加以探討。

4.1 世界各國直昇機失事肇事原因分析

本節主要說明全球與美國直昇機 1995 年之失事肇事原因分析，以及我國歷年來直昇機失事之肇事原因；由於其他國家之資料較少，故僅說明澳洲之失事肇因分析。

4.1.1 1995 年全球直昇機失事肇事原因分析

1995 年全球共有 209 次直昇機失事，較諸於 1994 年的 272 件失事，減少了 63 件，比率為 23.16%。至於 1995 年全球直昇機失事之 209 件所有已知失事主因中，以飛行員失誤或判斷錯誤計 90 件，佔 34% 為最多；引擎失效計 42 件，佔 15.8% 次之；天候因素計 34 件，佔 12.8% 又次之；其他如機械因素、電線撞擊、組員訓練或練習、撞樹及物體、航員操控下撞山等均佔 6.8% 以下，如表 4.1 所示。

由於在 209 件失事中，一個失事可能含兩種以上的失事主因，值得注意的是航員人為因素之比率為其他主因二倍以上。究其飛行員失誤可能包含直接失誤、未遵守標準程序(SOP)、不適當的對策、抄捷徑飛行等，而其中在操控下撞山(Controll Flight Into Terrain, CFIT)包括全控制下撞擊高地、突地及水平地面、裝備失效(包含引擎失效，其他機械失效，主尾旋翼失效)計 66 次，至少 3 件在官方紀錄中歸因為維修失事，科技性的失事則近三成，

而引擎失效就佔了近二成，主因為直昇機的機械複雜程度高於固定翼，有關 1995 年全球直昇機失事明細如附錄二。

表 4.1 1995 年全球直昇機失事肇事主要原因統計

主 因	次 數	比 例
飛行員失誤/錯誤判斷	90	34.0 %
引擎失效	42	15.8 %
天候	34	12.8 %
其他機械失效	18	6.8 %
電線撞擊	14	5.3 %
組員訓練、練習	11	4.2 %
撞樹及物體	10	3.8 %
航員操控下撞山	10	3.8 %
吊掛中失事	8	3.0 %
主旋及尾旋失效	6	2.3 %
未依規定離場	6	2.3 %
低空演習	5	1.9 %
已知失效維修	3	1.1 %
操作失控	3	1.1 %
白雪/吹雪	3	1.1 %
結冰	2	0.7 %
總數	265	100 %

資料來源：國際直昇機協會(HAI)

4.1.2 1995 年美國直昇機失事肇因分析

依據前章表 3.2 可知，擁有全球最多直昇機的國家美國，在 1994 年到 1995 年的失事次數從 10.61 次/每十萬飛行小時降到 8.78 次/每萬飛行小時；而由表 3.6 可知，1994 年致命失事率為 2.53 次/每十萬飛行小時，1995 年則降為 1.2 次/每十萬飛行小時，失事率減少的趨勢很明顯。故可謂 1995 年美國直昇機的飛安表現是近五年來最好的一年。

依據美國國家運輸安全委員會(NTSB)的 1995 年報告中指出，所有美國直昇機失事有 36%係因引擎/維修/材料失效，1994 年為 34%，1993 年為 29%，顯然科技失效的失事主因比例逐年提高值得注意。

4.1.3 美國直昇機電線撞擊之失事分析

由於直昇機的飛行屬於低空層，故在美國經常發生因駕駛目視不到細小電線，致撞擊到電線被纏繞而產生失事。茲針對美國直昇機電線撞擊之失事資料加以分析：

近五年美國民用直昇機電線撞擊失事資料中，以 1993 年發生 18 件失事為最多，其中 14 件為致命失事而造成 9 人死亡均為最多；1995 年雖僅至九月底止但已發生 15 件失事次之，其中 6 件為致命失事並造成 9 人死亡；1992 年發生 14 件失事又次之，其中 7 件致命失事數並造成 4 人死亡；1991 與 1994 年則發生 13 件失事，其致命失事數分別為 4 件與 5 件、分別造成 7 人與 8 人死亡，詳如表 4.2 所示。

表 4.2 近五年美國民用直昇機電線撞擊失事統計

年 份	1991	1992	1993	1994	1995*
所有失事數(a)	13	14	18	13	15
所有致命失事數(b)	4	7	14	5	6
所有致命人數(c)	7	4	9	8	9
致命失事率(b/a)	0.31	0.5	0.78	0.38	0.4
每次失事平均死亡人數(c/a)	0.54	0.29	0.5	0.62	0.6

*1995 年資料僅至九月底止

資料來源：美國 FAA

若將所有電線撞擊之失事數除以民航機失事總數，可以得到每發生一件失事其電線撞擊失事的比率；將電線撞擊所有致命失事數除以所有直昇機致命失事數，則可得每發生一次致命失事時電線撞擊失事的比率；同理將所有電線撞擊致命人數除以所有致命人數，亦可得每一致命人數中因電線撞擊致死的比率。

從 1991 年到 1995 年平均每 100 次失事，即有 8 次為電線撞擊，平均每 100 次致命失事則有 21.5 次電線撞擊，平均每 100 人致命失事計有 18.5 人因電線撞擊致命，詳如表 4.3 所示。

表 4.3 美國民用直昇機電線撞擊失事比例、致命失事比例與致命人數比例統計

年份	因電線撞擊之失事比例 (/每失事次數)	因電線撞擊之致命失事比例 (/每失事致命次數)	因電線撞擊之致命比例 (/每致命人數)
1991	0.067	0.160	0.250
1992	0.082	0.230	0.078
1993	0.100	0.340	0.125
1994	0.063	0.104	0.095
1995*	0.089	0.240	0.191
平均	0.0802	0.215	0.185

*1995 年資料僅至九月底止

資料來源：美國 FAA

雖然因電線撞擊而失事之比例僅近一成，但致命失事比例卻達二成，致命人數比例亦近二成，且再進一步比較表 4.2 與表 3.7，可發現美國直昇機因電線撞擊之致命失事率與每次失事平均死亡人數均高於直昇機之總事故的對應數據，故可瞭解撞擊電線所產生的失事其危險程度大於其他致命因素，值得國內業者與政府加以警惕。

4.1.4 美國直昇機事故肇因於場站配置設計因素分析

依據美國聯邦航空總署 (FAA) 編號 DOT/FAA/RD-91-1 的報告 (Composite Profiles of Helicopter Mishaps at Heliport and Airport)，將國家運輸安全委員會 (NTSB) 及軍方的失事資料整理後，將直昇機的失事與場站設計相關因素進行分析，並對場站配置設計部分提出建議。

FAA 認為「雖然場站設計在直昇機失事所佔的比例很小，但其潛在成本卻相當高」，例如「一個旋轉的尾旋翼撞擊，將造成致命的失事災難」，這些失事的事件包括外物撞擊固定裝備 (如燈桿/標誌桿，電線，建築物及人體)、飛機相撞、補給燃料失火、引擎失效及旋翼流損害等。

依據該報告指出美國直昇機失事，肇因於場站配置設計之各項因素中，以外物撞擊固定裝備所佔比例 59% 為最高，起飛時迫降與旋翼受氣流損壞各約佔 10% 左右次之，風速偵測撞擊與撞擊其他飛機又次之，詳如圖 4-1 所示。

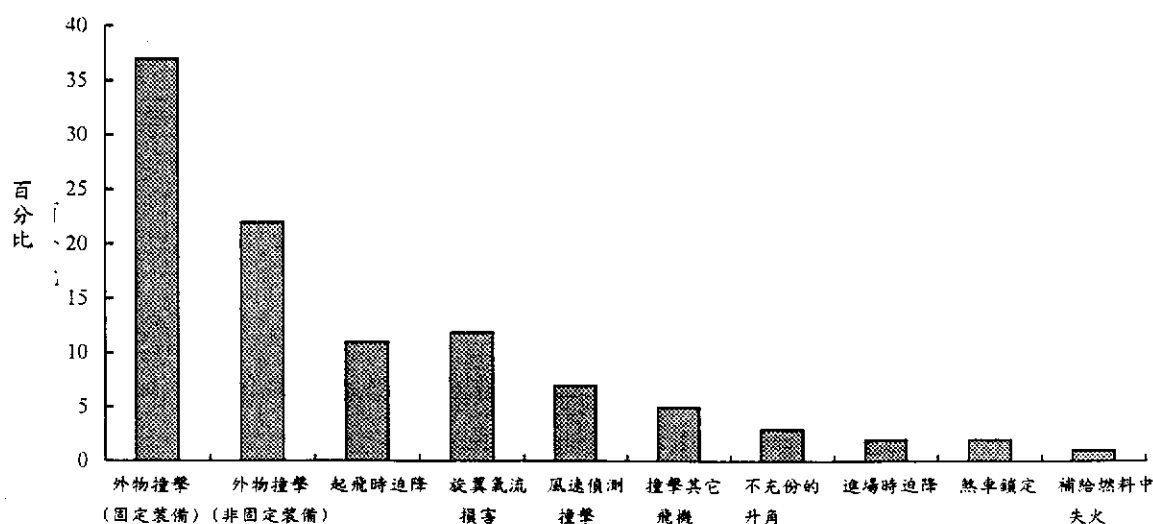


圖 4-1 美國直昇機肇因於裝備設計之因素分析

由於因場站配置設計所引起的失事中有 59% 的高比例來自外物撞擊(obstacle strike)，因此 FAA 依據案例的分析對於場站配置設計及設備上提出以下建議：

1. 場站設計者應將操作區裝上反光性材料、照明燈或障礙燈，以標明障礙物俾利於直昇機辨認。
2. 停機區的操作空間太小，設計者應考量飛行員在停機操作上的需求。
3. 輔助駕駛員與在地面操作的人員接受良好的訓練。
4. 大部份的電線都在開放的天空下，但仍有很大的危險性，因為它們會混合及溶入在地面背景上。
5. 在避免電線撞擊，建議所有的直昇機上應加裝電線撞擊保護系統裝置(Wire Strike Protection System, WSPS)。
6. 由於兩架直昇機間的停機中心線設計不佳也是失事原因之一，故場站應配合直昇機大小調整空間配置。
7. 在直昇機起降時，人員非經許可不得停留在機坪上。
8. 場站的設計者應考量其主要使用者的期望、其最大載重，並避免高密度高度(2,400~9,000 呎)對直升器性能上的約束，並提出安全操作上之計算與限制。

4.1.5 美國單雙引擎直昇機之飛航安全比較分析

依據 Robert E. Breilling Association 所提供從 1989 年至 1994 年美國商用單雙渦輪直昇機的失事及事故比較，可知雙渦輪直昇機的失事次數較單渦輪直昇機的失事次數低了近 6.17 倍，詳如表 4.4 所示。

若以同一資料來源計算 1990~1994 年雙渦輪引擎每十萬飛行小時數的失事率為 1.66，單渦輪引擎的失事率則為 3.64，故單引擎的失事率約為雙引擎的 2.2 倍。

表 4.4 美國商用渦輪直昇機失事及事故件數比較

雙渦輪	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	平均
失事次數	18	7	11	10	7	12	14	11.28
致命失事數	6	2	5	2	3	7	4	4.14
致命人數	10	2	6	5	4	15	8	6.00
重大事件	1	1	1	1	3	—	—	1.40
單渦輪	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	平均
失事次數	49	79	58	67	67	90	57	69.60
致命失事數	14	16	14	21	16	20	12	16.14
致命人數	24	19	30	55	34	43	24	29.28
重大事件	1	8	2	—	6	1	—	3.6

資料來源：Robert E. Breilling Association

4.1.6 澳洲直昇機失事肇事原因分析

依據 1995 年國際飛航雜誌(Flight International, Sept.1995)之報導，澳洲在 1990 年由交通部航空安全調查局(Bureau of Air Safety Investigation, BASI)詳細追蹤 1979-1988 年這十年間澳洲飛機之安全績效，分析顯示在已知的意外事件發生因素中，不論是渦輪式引擎或活塞動力為主的直昇機，皆為同樣的脆弱。譬如，駕駛員判斷錯誤佔 60%，地形因素則佔 20%；而在飛行過程中，兩者所引發的嚴重程度亦是相同。

對於在市場佔有率極低的直昇機業務，如搜索及救助(Search and Rescue)任務或警用直昇機，因其市場不大，且危險程度較高，故澳洲航空保險集團認為可以放棄承保。雖然依據國際飛安基金會資料顯示，自 1987 年至 1993 年的緊急醫療救助直昇機其安全度已明顯改善，但致命率及再失事的機率很高。主因是惡劣的天候及空間迷向常導致所救助者之死亡，並使救難過程中的死亡人數增

加。

為改善直昇機緊急醫療救難任務之失事，美國賓州的 STAT 緊急醫療救難公司向聯邦航空總署申請設立全球定位系統網路，以衛星導航的方式去連絡 13 個偏遠的醫院，提供直昇機“何時會到”的功能。而醫療用直昇機駕駛員最大的危險，在於常須為了救助病人生命而加速度航行，改善之道是不先告訴駕駛員出任務的內容與救助對象，只提出任務的地點，而讓駕駛員來決定去或不去。

4.1.7 我國歷年直昇機失事肇事原因分析

我國自民國 60 年至 84 年間共發生 17 件的直昇機失事，由於每一件失事中可能包含兩種以上的原因，故統計所得 27 個原因中，依序以人為因素計 17 件佔 63% 為最高、機械因素計 6 件佔 22.2% 次之、天候因素計 3 件佔 11.1% 又次之、原因不明計 1 件佔 3.7% 則最少，詳如表 4.5。

表 4.5 我國歷年直昇機失事主要原因分析

失事主因	件次	所佔比率
人為因素	17	63.0%
機械因素	6	22.2%
天候因素	3	11.1%
原因不明	1	3.7%
小計	27	100%

資料來源：交通部民航局標準組

依據該表可知我國歷年的直昇機 17 件失事次數中就有 17 次佔 63% 可能涉及人為因素，故在預防失事的策略研提方面，加強直昇機駕駛員的資源管理應是值得注重的項目，其中包括飛行員的人力來源、訓練方式、檢定制度及

線上值勤安全管理的方法。尤其是各國在科技進步的狀況下，機種的自我免錯能力及錯誤容許度大增時，飛行員的失誤比率預期將日益增加，因此我國在開放直昇機飛航期間，更須在人力資源的管理上作有效的監督，使人員素質及專業飛行能力得以提高，以減少人員的傷亡。

4.1.8 全球直昇機其他肇事原因分析

依據國際直昇機協會(Helicopter Association International, HAI)報告指出，近年來大量軍用除役的直昇機進入民航的市場中運作，特別是 Bell UH-1，它們原先設計的任務中未考量供民航使用，結果造成在尾旋翼齒輪箱發生損壞的比例大增；Airclaims 失事報表中亦顯示直昇機外載任務較易失事，並指出軍用直昇機使用二手及仿冒零件時，特別容易因機械損傷而肇事。

機械因素可能改善，但危害飛安最大的仍是航員本身，但因我們難以有效的控制人因危害飛安的部份，故不易加以改善。通常失事的飛行員並非太老或太年輕，而是正處在事業的巔峰中。典型的例子顯示在 1994 年 4 月一架 Bell 412 型直昇機在飛行員操控下撞山(CFIT)，該兩名駕駛員雖有最好的經驗、裝備與條件，但卻因未截收到儀降系統的訊號，致飛入濃霧中造成失事。

4.2 直昇機之場站規劃

直昇機場站之設置主要為人口稠密與交通擁擠之處，不但可設於地面，且可設於空中。無論政府與民間在直昇機場站規劃上，必須考量整體民眾之利益與生態環保問題之解決。

直昇機之場地要求雖不多，惟其廢水排放、垃圾與噪音問題，均是生態環保方面亟待解決之課題。一般而言，雖然直昇機

飛行較一般定翼機之噪音小，但在場站規劃上仍必須避免在人口稠密或對噪音敏感地區進行低空飛行。

國外在直昇機場站位置之選擇除必須避開住宅區、學校、老人之家等地區外，噪音敏感地區尤應優先考量加以避開。故適宜規劃直昇機場站之地點位置如下：

1. 工業區：國內如新竹科學園區、以及未來之台南科學園區等。
2. 港口地區：以作為海空運具之銜接處所。
3. 工商中心區：包括工商業大樓之頂層興建直昇機起降場。
4. 快速道路附近：利用停車場之頂層興建直昇機起降場。
5. 鐵公路車站附近：利用車站之頂層興建直昇機起降場。
6. 機場航站大廈頂層：利用航站大樓之頂層興建直昇機起降場。

至於直昇機場站興建上之其他考量因素包括相關之法規規定、飛行安全與航路規則、目視與儀器航路、噪音管制規定、週邊設施如鋪面、燈光、棚廠、標誌與防火設施等之預算經費、人員出入之安全管制要求等。

依據日本直昇機飛行場之設置，係以三十公里範圍內設置一處，而依據美國聯邦航空總署(FAA)之定義，將直昇機飛行場視其用途與功能區分為下列三類：〔1〕

1. "Heliport"(直昇機機場或航空站)：

我國稱之為直昇機機場或航空站，係包括直昇機起降場、停機坪、機棚、行政及後勤支援設施、安全及助導航等附屬設施，可供航空公司營運之航站。若在國內建設此類航站設施後，將可紓解未來直昇機場須停置於現行民用航空站之擁塞困境。惟由於所需土地面積較大，設施投資額度較高，宜由政府投資興建或鼓勵民間投資。

2. "Helistop"(直昇機起降場)：

我國稱之為直昇機起降場，係包括直昇機離地或著陸點、停機坪、助導航及安全(檢)等附屬設施。美國多依使用目的

而設置於各工業區、大型遊樂區及多種運輸系統之轉接中樞處。通常由民間投資興建，或與其他運輸系統整體規劃興建，並須依法編組管理單位，負責營運，惟不得供直昇機停駐。

3. "Helipad"(直昇機緊急起降點)：

我國稱之為直昇機緊急起降點，係僅設直昇機離地或著陸點，以及簡易之導助航設施。在美國常依特定任務與狀況加以設立，供作直昇機臨時起降用途。如緊急救難系統、高樓救難、或經核准之特定用途，故通常設於高樓與醫院樓頂。因屬封閉之場地，且使用機率不高，故不另專設管理編組。

若依以上之分類，可瞭解直昇機飛行場之特性，與定翼機飛行場之規範不同。有關我國直昇機起降場之標準由於涉及法源，民航局暫於「民營飛行場管理規則」內加以修正。據瞭解修正後之「民營飛行場管理規則」係將直昇機飛行場區分為直昇機機場或航空站、臨時起降場、以及緊急起降場等三類。

對於國內直昇機飛行場之規劃，依中華航空事業發展基金會委託淡江大學航空太空工程學系民國八十五年十二月完成之研究顯示〔2〕，在松山機場可設置簡單之直昇機飛行場，其鋪面採取剛性鋪片，僅設置起降區及附屬之簡單設備，其配置詳如圖 4-2 所示。

4.3 直昇機之航管需求

有關直昇機飛航安全在航空管制之要求應包括起降區、目視進場區及離場保護區、降落區、滑行路線、滑行道、停機坪、助航等設施，茲以台北都會區為個案分別說明其航管上之需求如下：〔2〕

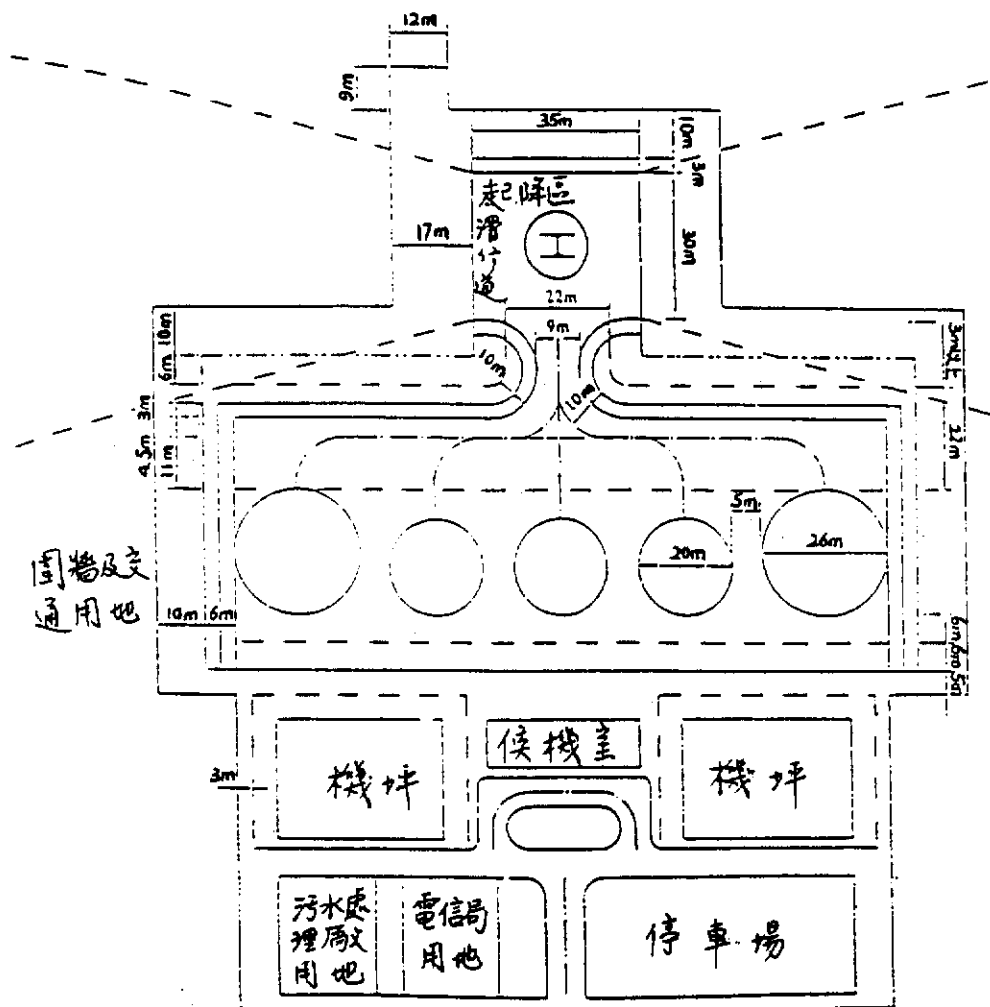


圖 4-2 直升機飛行場起降區配置圖

1. 起降區：

一般而言，直升機飛行場所設之起降區須由主平面、進離場面及轉換面所構成。其淨空需求依目視或儀器導航而不同，詳如表 4.6 所示；至於起降區之設計標準，則如表 4.7 所示。

表 4.6 直昇機飛行場之起降區淨空需求

項 目	目 視	儀 降
主平面寬度：	22 m	92 m
進離場面寬度：內端	22 m	92 m
外端	152 m	1,037 m
長度	1,220 m	3,048 m
坡度	8:1	15:1
轉換面：坡度	2:1	4:1
寬度	152 m	214 m
至曲線航道起端之最小距離	92 m	x
曲線航道半徑	214 m	x

資料來源：參考文獻〔2〕

表 4.7 直昇機飛行場之起降區設計標準

項 目	起降 區		最後進離	滑行道	肩道	最大道	道肩
	長度	寬度	場區大小	寬度	寬度	面坡度	坡度
設計標準	30 m	22 m	12 m	6 m	3 m	2.0%	3.0%

資料來源：參考文獻〔2〕

2. 目視進場區及離場保護區：係指進離場面下，自起降區（主平面）邊向外自進離場面離地面 10.5 公尺之點。
3. 最後進場及離場區：位於起降區中心，大小為 12 公尺。
4. 滑行路線：在起降區與停機坪間設無障礙滑行路線，其寬度為 24 公尺，平行滑行路線之間距則為 21 公尺。
5. 滑行道：係位於滑行路線中心寬度為 5 公尺之硬道面。
6. 停機坪：由於飛行場可能同時停放二架以上之直昇機，故需備有停機坪，其大小與位置應使停放之直昇機不致妨礙起降區或離到場航線之淨空。第二類直昇機停機坪之設計形狀為直徑 20 公尺之圓形，其與障礙物之間距如表 4.8 所示。

表 4.8 直昇機停機坪與障礙物之間距標準

種 類	停機位	固定障礙物	通道	停機坪滑行道	起降區
停機位	6 m	6 m	6 m	6 m	
停機坪		6 m			6 m

資料來源：參考文獻(2)

7. 助航設施：在不影響起降區淨空外之明顯地點設置風向指示器，若考量目視狀況不佳之因素時，則採取有燈光之風向指示器。

以美國為例，爲了配合未來先進導航系統(Future Advanced Navigation Ssystem, FANS)，聯邦航空總署(FAA)規定所有飛航於該空域的直昇機均須配備全球定位系統(Global Positioning System, GPS)及自動相依監視系統(Automatic Dependent Surveillance, ADS)，由於直昇機可經由衛星以 GPS 準確的定位，其位置資訊再透過 ADS 傳送並顯示於機艙儀表以及地面之控制塔臺螢幕，以達到監視及導航之雙重效果，這種作法值得我國參考。

4.4 直昇機之維修檢測技術

有關影響直昇機飛航安全之維修因素考量上，特別值得一提的是英國所發展的先進直昇機維護檢測技術。由於英國的石油探勘爲其國內直昇機隊最主要的任務之一，有鑑於北海地區之飛航環境特殊，常因此造成直昇機操作失事率偏高，除了人爲因素的疏失外，在機體的維修及損壞偵測上更加需要研擬預防對策。因此從事直昇機業務的北海機隊率先研發出一種先進的直昇機維護檢測技術，稱爲健全及用途監視系統(Health and Usage Monitoring Systems, HUMS)。

在裝置該系統前，英國的直昇機在 1983 年至 1987 年平均意外發生率為 4 次/每十萬飛行小時，但裝設該系統後，自 1990 年至 1994 年其平均意外發生率持續降至 1.5 次/每十萬飛行小時，即可證明 HUMS 在維修上對改善直昇機飛安之貢獻，特別在以下各節詳細說明這套技術。

4.4.1 健全及用途監視系統(HUMS)之緣起

英國大約自 1986 年起，即為改善直昇機人為因素的疏失而努力。此外，在機體的維修及損壞偵測上更積極謀求預防對策，故由 GEC-Marconi 電子系統部門參與 Bristow Helicopter 發展出這套健全及用途監視系統(HUMS)技術。此項計畫的主要目的有三項：

- (1)應能對直昇機外在惡劣的環境加以偵測。
- (2)能因應北海油田的特殊任務需求。
- (3)能滿足英國民航局、美國聯邦航空總署及歐洲民航區對特定直昇機立法規定，機上須加裝飛航資料紀錄器 (Flight Data Recorder, FDR) 以及座艙通話器 (Cockpit-Voice Recorder, CVR) 的需要。

因此，Bristow 在 1991 年底裝載 HUMS 在 Eurocopter 的 AS-332 超級美洲獅上，迄今已累積 200,000 的飛行小時資料，英國基於其資料獲取及預防失事上的利益，已立法規定新直昇機上必須裝載 HUMS 及 FDR 系統。

以美國而言，聯邦航空總署 (FAA) 已認證 Altair Hums 使用在所有的 Robinson 22 (1995 年 12 月 22 日)，Bell 206 (1996 年 2 月 9 日)，MD-500 及 Eurocopter A-star 350 機型上，並准許其 Cross Check engine monitor，監測 Allison 250 系列及 PW PT6 系列的直昇機引擎。

種種的證據顯示，國際上正將 HUMS 逐步推向為強制規定之裝備，各國的科技也為直昇機飛航安全的考量而致力發展此系統。

4.4.2 HUMS 的功能特性

HUMS 的主要功能計有安全傾向分析，預防維修及操作疏失之追蹤。典型的 HUMS 在傳動系統上通常會加裝 24 個以上的加速錶 (accelerometers)，分佈在傳動系統的外部，並不會對內部組件造成影響，因此偵測的方法對機體本身是無害的 (non-invasive)，且對機件不須做任何的修改，這二打的加速器再加上 5 個自動記錄的速度計構成一架飛機傳動系統的 HUMS，其中利用加速器及速度計來建立特定組合的振動相位及頻率，並藉著已記錄的原始資料比對後續的偵測資料，藉以建立診斷程序。

旋翼軌跡的偵測，通常是利用一架日/夜葉片軌跡相機所監控，由訊號的不同可瞭解旋翼是否有不平衡的狀況、或有超過旋翼轉速及傾角的現象，再適時的提供警訊及飛行後建議應進行的維修。

引擎內部的機油壓力、溫度及主齒輪箱的油壓力、溫度狀況均可顯示出引擎出力、每分鐘速度、超速狀況、振動及溢出。機油的偵測器係使用碎片監視 (Chip detectors) 去感測金屬碎片，但以目前的產業發展狀況，只有三家製造商擁有機油碎片分析 (Oil Debris Analysis) 的能力，然直到目前為止在高振動及高溫的狀態中，仍無法有效的分析機油中的金屬碎片。

齒輪箱主要的監視項目為齒輪磨耗、齒牙損壞、軸承損壞及超速，同時驅動軸中的震動、平衡、耦合組成及懸吊軸承也在該系統之掌控中。

HUMS 偵測器的偵測方法可以判定此系統是否敏感，期能在軸承表面出現碎屑、或齒輪發生初期裂痕時就能偵測出來。因此如何發現錯誤並判斷錯誤，是決定 HUMS 優劣的重要因素。若將訊號值利用快速傅立葉轉換(Fast Fourier Transform, FFT)儲存下來，形成一定的頻率範圍，再傳給特定的傳動軸、齒輪及軸承來正常運作，並且持續取得正常且基本的資料，以作為日後比對的基本資料。HUMS 將會監視訊號值特性的改變，然後發佈警告的指令。以 SUPER PUMA 為例，內部裝有 24 個振動轉換器，8 個裝在機體結構上，12 個裝在三個齒輪箱中(10 個在主齒輪箱、一個在尾旋齒輪箱、一個在中央連桿齒輪箱中)，而每個引擎則各裝有二個偵測器。

其實在發展過程中較重要的是訊號平均值的敏感度，1980 年代末期 Stewart Hughs 發展出一套穩定且敏感的訊號平均值，叫作 FM4A 來加以排序比對；Westland 所發展的數值叫做 M6(six moment)，經整合而完成一套高預警值的訊號平均虛擬參數稱作 FM6，FM6 可超越 FM4/M6 的演譯法，甚至能提供游星式齒輪微量危險的預警。

偵測資料的擷取及紀錄是由一組數位飛行資料獲取單元(Digital Flight Data Acquisition Unit, DFDAU)所得到，機載的分析資料有助於在每次飛行後進行立即的監測，並在下次飛行前告知飛行員相關資訊。DFDAU 內部是一部 32 位元的微處理器，能平行處理高速的計算，以及執行維修之診斷判定，並在不影響駕駛員活動的前提下，自動排定例行的分析。另一種小型的座艙控制器元(Cockpit Control Unit)能提供系統檢查的功能，並可供飛行員輸入飛行前的基本資料，並將擷取及處理過的資料儲存在“失事生存”的紀錄器中，且被存入座艙通話器(CVR)

及飛航資料紀錄器(FDR)中。

直昇機在飛行後擷取偵測之資料，須在機載系統及地面站電腦間加入一個連結的介面，藉由一個攜帶型的資料擷取單元(Portable data-retrieval unit)與 LCD 螢幕，由觸控面板將飛機上的 HUMS 偵測資料傳入地面站上的電腦，以提供報告、傾向預測及快速維修的功能。GEC-Marconi 所發展的整合性 HUMS(Integrated HUMS, IHUMS)係在擷取盒中裝設 14 片卡，其中 7 片為紀錄飛行資料，7 片為 HUMS，惟 7 片 HUMS 卡中僅使用 5 片。目前發展出的第二代(IHUM II)，其中的資料擷取與處理單元(Data Acquisition and Processing Unit, DAPU)已經升級為 100MIPS，並且使用 HUMS 剩餘 2 片中的 1 片，而 Sikorsky 92 型直昇機未來將同時使用剩餘的 2 片來處理。

地面站是整個 HUMS 系統操作的心臟，係利用 3 個終端機來解讀(1)齒輪箱、(2)系統、(3)旋翼軌跡、(4)平衡、(5)發動機等的偵測狀態，以瞭解系統操作上之缺點傾向，俾提供初期預警。有關典型之直昇機 HUMS 系統裝置詳如圖 4-3 所示。

偵測資料經過了地面站的處理後，將選定的機載資料如旋翼軌跡、平衡診斷及維修診斷結果傳送給存取資料之面板，一方面提供維修人員充分的參考資料來處理不正常的狀況；另一方面也能測試偵測器本身是否運作正常。地面站的 PC 電腦能儲存整個機隊的紀錄、或特定機型的資料進行分析，並利用輸入大量的資料來研發機載軟體的分析標準，並評估各項控制的策略。

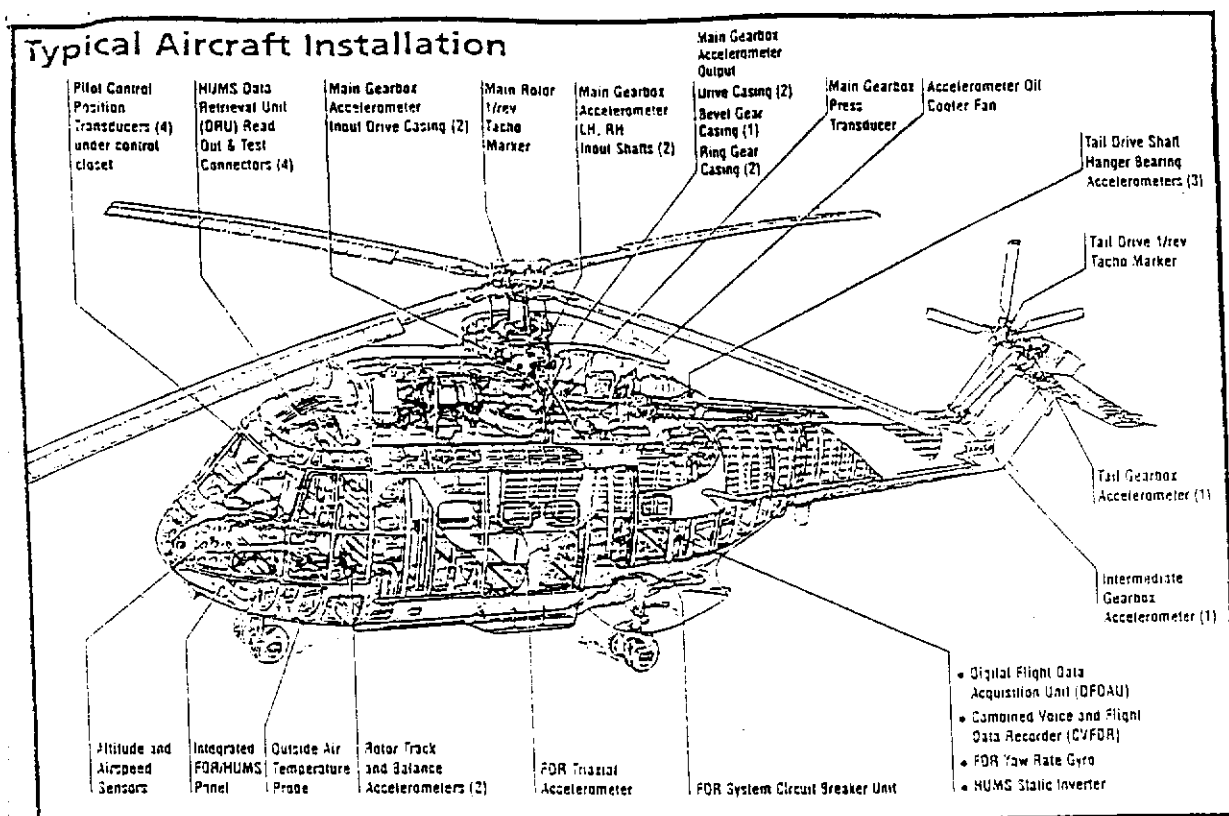


圖 4-3 典型的直昇機 HUMS 裝置圖

4.5 直昇機飛航安全相關法規分析

為因應直昇機開放業務，我國民航主管單位民用航空局已於民國八十五年九月三十日通過「民用航空運輸業管理規則」之修正；至於直昇機飛航安全之管理，則由該局甫於八十六年五月三十一日完成修訂「直昇機飛航作業管理程序」之條文，故法規已頗完備，茲詳細加以說明如下。

4.5.1 「民用航空運輸業管理規則」之修正條文

依據民航局於民國八十五年九月三十日通過「民用航空運輸業管理規則」之修正條文，其中有幾項與直昇機飛航安全相關的修正規定，特別加以說明如下：

1. 定義：

新規則第一章第二條刪除甲、乙種民用航空運輸業之分類，將空運業務分為固定翼及直昇機運輸業務，故第一到第四款分別為固定翼航空器、直昇機、固定翼航空器運輸業務、直昇機運輸業務的定義，另外按經營業務分為定期及不定期，故第五款及第六款分別為定期航空運輸業及不定期航空運輸業的定義。

2. 申設資格：

第二章第三條之一為新增條文，明訂經營民用航空運輸業之直昇機運輸業務者，應具備在原為普通航空業近二年營運正常，飛行小時 500 小時以上，並在近 500 小時內無飛安失事，近 250 小時內無意外事件、飛航違規；原經營固定翼運輸業務之民用航空運輸業者，則應近二年營運正常，近二年飛行時數達一千小時，並無失事及違規紀錄者，得申設國內航線直昇機運輸業務。

3. 飛安查核：

第二章第四及四之一條規定，符合申設資格者應另籌組新公司或增加營運項目，且增列提送之飛安組織及計畫之文件，包括航務機務之設備組織及訓練計畫、駕駛人員之來源及訓練計畫。

4. 雙機條件：

第二章第五條規定民用航空運輸業應在核准籌設期間內，向民用航空局申請核發民用航空運輸業許可

證，並自核准登記日起六個月內備有二架以上航空器。由於航空器須經常維護定期檢修，經營定期班機業務者，基於飛安之考量及機隊之靈活調度排班，至少應備有二架以上航空器，以免在維修及人員時程安排有所不及致影響飛安。該條第十、十一款另規定航務機務、駕駛人、飛安組織及人員名冊須檢附在申請營運文件中。

5. 三年機齡限制：

第十一條規定：民用航空運輸業購買、租購或租用之外籍航空器，客機機齡不得超過三年，貨機機齡不得超過十年。但民用航空運輸業已使用同機型航空器五年以上，具有維修能力者，其購買、租購或租用該機型外籍航空器，客機機齡不得超過八年，貨機機齡不得超過十五年。由於我國採用航空器定期維護的檢查時程（36~60 個月）來規定機齡不得超過三年，就飛安的觀點而言，具有相當之合理性，故直昇機也一併適用。

6. 雙渦輪引擎：

第十一條規定：民用航空運輸業申請經營直昇機運輸業務者，其客運直昇機應為雙渦輪引擎，貨運直昇機應為單渦輪引擎。渦輪引擎及活塞引擎的安全性及效率，在比較上因科技持續發展，渦輪引擎取代活塞引擎是必然的趨勢。但目前因成本考量活塞引擎仍具經濟價值，故前廠商仍持續生產。而單渦輪或雙渦輪引擎的安全性，在國際民行組織（ICAO）、歐洲共同航空協會（JAA）、美國聯邦航空總署（FAA）的認定上，均傾向雙渦輪引擎的安全性高於單渦輪引擎。我國航空主管單位亦傾向認為雙引擎直昇機的安全性高於單引擎直昇機，因此方有客運直昇機必須採用雙渦輪引擎，貨運直昇機應為單渦輪引擎的規定。

4.5.2 「直昇機飛航作業管理程序」之修正條文

另與直昇機飛航安全作業密切相關之法規為「直昇機飛航作業管理程序」，依據民航局最新於八十六年五月三十一日修訂之條文，計分為三章共一百三十七條條文，除總則外特別將民用航空運輸業與普通航空業所使用直昇機之飛航作業管理程序加以規範。

1. 第一章總則

該程序之「第一章總則」計分二條，第一條係說明其法源係依民用航空法第三十八條訂定；第二條則為條文中所述及之五十四個專有名詞定義。

2. 第二章民用航空運輸業

該程序之「第二章民用航空運輸業」係自第三條至第八十條計分十節七十八條，第三條首先說明本章係規範從事客、貨、郵件運輸之直昇機其飛航作業；自第四條至第十條則分別規範航空器使用人在境外飛行時應遵守當地國之規定、其駕駛人於執行其職務時，應熟知其所飛航之地區、起降之機場及其助航設施等規定、對飛航管制所應負之責任、機長與飛航組員飛航中遇緊急情況之處置與規定、機長應備有飛航所經地區內各項搜尋救護之相關資訊、應建立失事預防與飛航安全計畫、直昇機不得載運危險物品或爆炸物品。

該章「第一節飛航作業」則自第十一條至第十九條、「第二節直昇機性能操作限制」則自第二十條至第二十六條、「第三節直昇機儀表、裝備及飛航文件」則自第二十七條至第四十四條、「第四節直昇機通訊及航行裝備」則自第四十五條至第四十七條、「第五節直昇機維護」則自第四十八條至第五十五條、「第六節直昇

機飛航組員」則自第五十六條至第六十四條、「第七節簽派員」則自第六十五條至第六十七條、「第八節手冊、表格及記錄」則自第六十八條至第七十四條、「第九節空中服務員」則自第七十五條至第七十七條、「第十節保安」則自第七十八條至第八十條。

3. 「第三章普通航空業」

該程序「第三章普通航空業」則自第八十一條至第一百三十五條計分六節五十五條條文，第八十一條首先說明本章係規範從事普通航空作業之直昇機其飛航作業；自第八十二條至第八十七條則分別規範航空器使用人在境外飛行時應遵守當地國之規定、機長在飛航中應負直昇機之操作及乘員安全之責、飛航中遇緊急情況其駕駛人之處置與規定、機長應備有飛航所經地區內各項搜尋救護之相關資訊、直昇機不得載運危險物品或爆炸物品。

該章「第一節飛航作業」係自第八十八條至第一百一十條、「第二節直昇機性能操作限制」則自第一百一十一條至第一百四十四條、「第三節直昇機儀表、裝備及飛航文件」則自第一百五十五條至第一百二十五條、「第四節直昇機通訊及航行裝備」則自第一百二十六條至第一百二十九條、「第五節直昇機維護」則自第一百三十條至第一百三十二條、「第六節直昇機飛航組員」則自第一百三十三條至第一百三十五條。

至於第一百三十六條為該程序中相關名詞之中英文對照表、最末第一百三十七條則該程序自核定日實施。

茲列舉該程序中與直昇機飛航安全相關之條文內容依航空器、飛航組員、目視或儀器飛航之天候規定如下：

1. 航空器機型係首次使用在營運前之規定：

因應開放國內直昇機客貨運輸業務，其機型若係首次使用時，為加強其人員熟練各項作業，以確保飛航安全，依該程序第十二條第十一款規定：「航空器使用人所使用之直昇機，其機型為首次使用者，於營運前，國內航線應以未載客先行飛航至少二十五小時(其中應包括二小時以上之夜間飛航)，以熟練各項作業，確保安全。本款未載客飛航時數，民用航空局得視查核情形酌予增減。但國內航線以十小時為限。」其考量人為因素而加強人員飛航熟練度頗週延。

2. 飛航組員之飛航時間規定：

為規範直昇機飛航組員之飛航與休息時間，依該程序第十二條第十二款規定：「飛航組員規定：(一)在每一飛航中，航空器使用人應指定一駕駛員擔任機長。(二)航空器使用人應訂定限制飛航組員飛航時間及休息時段之規定，該規定應符合第五十七條之規定，並明訂於航務手冊中。(三)航空器使用人應保存每一飛航組員之飛航時間記錄。

其中第五十七條內容為：「飛航組員飛航時間限制：一、連續二十四小時內，其飛航時間不得超過十小時，且於任務完畢後，應給予連續十小時以上之休息。二、連續七日內，應給予連續二十四小時之休息。三、連續七日內，其飛航總時間不得超過三十二小時。四、每一個月內，其飛航總時間不得超過一百小時。五、每一年內，其飛航總時間不得超過一千小時。」

係考量避免駕駛人員產生疲勞，其規定亦頗週延。

3. 直昇機目視或儀器飛航之天候規定：

論及直昇機採目視或儀器飛航之天候規定，依該程序第十三條飛航準備規定第七款：「天氣情況：(一)在航線上之天氣現況與預報均合乎目視飛航規則，始得從事目視飛航。(二)目的地或備用機場之天氣情況不低於最低之飛航天氣限度，始得

從事儀器飛航。(三)直昇機無防冰除冰裝備者，不得在已知或預期之結冰天氣狀況下飛航。」其考量天候因素而著重目視與儀器飛航標準，有助促進直昇機飛航安全。

4.6 直昇機飛航安全之機械操作分析

依據美國 1980 至 1993 年 52 件 S-76 型直昇機失事因素分析，可知有 30 件為一個或多個引擎失效，其中 24 件在降落時發生單發動機失效；至於引擎失火及其它引擎失效共有 4 件，其中 2 件為錯誤的引擎失火指示燈所造成的；共有 3 件失事及 3 件事件可歸因於主旋翼的操作性失效或材料破裂。

1980 及 1981 年共有 2 件失事歸因於旋翼主軸的破裂，計有 4 件自旋事件(Autorotation)發生，其中 2 件為死亡事件，1 件發生在美國，1 件在美國之外，另 2 件為非致命失事，1 件為機件損傷，1 件則造成了機體實質的損害，此一案例為發生在 1984 年爆破的渦輪造成引擎及救生系統的失效，駕駛員成功的使用自動旋轉系統降落在水面，機體雖受到水面衝擊滾轉而產生損害，但機內 12 名乘客及駕駛員，卻因而未受傷與致死。

故本節將由機械操作方面探討直昇機與定翼機設計上不同之處，並分別由迫降程序來分析直昇機自動旋轉降落(Autorotation)及地面共振之安全操作問題。

4.6.1 直昇機和定翼機迫降安全特性比較

論及直昇機與定翼機設計上對迫降環境之要求是迥然不同的，直昇機的迫降環境是屬於高下滑角、零迫降跑道、零前推力、低著陸速度、小迫降場地；而定翼機卻是相反的，它需要低下滑角、長迫降跑道、有前推力及下降

速度、大迫降場地及少障礙物。

直昇機練習自動旋轉迫降時，和真實情況之差別不大，只在著陸前瞬間的旋轉數略有不同；而定翼機的模擬迫降卻必須保持慢速，有別於真實無動力的狀況。因此，就直昇機的自動旋轉降落而言，應較定翼機有較佳的表現。

但直昇機的自動旋轉降落，仍須配合外在條件與限制，才能達到安全的要求，例如飛航組員之訓練與操作技巧、降落地點之選擇、當場之判斷等因素，如表 4.9 所示。

表 4.9 直昇機自動旋轉降落之外在條件配合及限制

外 在 條 件	限 制
1. 完整組員地面訓練課程	1. 迫降場的大小
2. 良好組員空中操作技巧	2. 足夠的旋翼轉速
3. 降落場地的選擇	3. 規定速度的保持
4. 短時間的緊急判斷及處理程序	4. 載重量的減低
5. 組員心理的調適能力	5. 密度高度的配合
	6. 引擎失效的飛行高度須足夠
	7. 風向風速的相對改正

4.6.2 直昇機自動旋轉降落的迫降程序及操作技巧

直昇機自動旋轉是發生在飛行中因單具或多具引擎同時失效時，造成直昇機必須使用自動旋轉迫降，此時飛機無動力輸出，旋翼的剖面須承受相對風力的作用而旋轉，當主旋翼翼尖與引擎轉速減小，達到引擎輸出轉速小於旋翼轉數時，將使動力系統(引擎)和旋翼系統(主旋翼)分離，旋翼乃藉著相對風力的作用產生風車的自由旋轉，氣流之流向改由下往上(有動力時氣流之流向係由上往旋翼面下流)，旋翼轉速因空速、旋翼翼角及上升下降氣流

的改變而改變，飛行員此時完全放下(Full down)集體桿與變距桿以減小油門，使引擎呈惰轉狀態(idle)，再將主旋翼葉片角度減少，以便於氣流的上吹，完成其“進入”程序，最後藉著主旋翼旋轉面的控制來穩定直昇機的姿態，而當自動旋轉的程序進入 30~60 呎高度時，則為減速階段。

由於在高旋翼速度與角度以及上仰角(pitch)的機首，可以減少前衝力及下降速率，此時旋翼的轉數因空速的降低及加大的旋翼翼角而開始減少，因此必須持續利用加大旋翼翼角來達到“著陸”，當達到高度 10~15 呎時，可由旋翼轉速得到大氣墊作用(cushion effect)及大升力，使飛機平穩著陸，因此由旋翼的轉速換來完全的升力，在最大升力時直昇機的動能亦隨之減小，在著陸前剛好用盡。有關直昇機自旋轉減速的過程，如圖 4-4 所示。

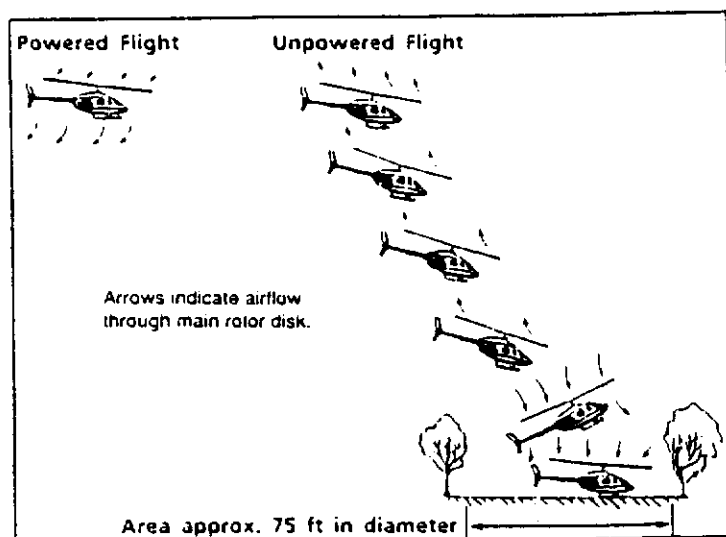


圖 4-4 直昇機自動旋轉減速的過程

4.6.3 直昇機地面共振之安全操作分析

地面共振(Resonance)對於飛行員而言是個可怕的夢

壓，主要為發生的時間太短，飛行員往往反應不及，而其產生的破壞力又幾乎是毀滅性的，故實有必要對地面共振加以瞭解。

1. 地面共振的成因

民國八十四年五月十二日一架台北航空 Schweizer 300C 型直昇機欲停機於機棚時，因滑橈上下振動並向兩側張開，機首前傾致主旋擊地、尾桁碰地而飛機全毀。機長在共振發生時，使用集體變距桿改正，但因壓力過大致改正不及，尤其在引擎轉速過低時，反應時間往往不夠，因此地面共振極易造成直昇機全毀之結果。

地面共振是飛機製造商在直昇機設計及原型測試中必須完成考量的動作，但無論是設計完備及擁有精密設備的機型，組裝後的飛機皆有所謂的自然頻率，當共振發生且頻率符合自然頻率時，飛機最後的結果，往往只剩地面上散落的一堆殘骸。

飛機在發生外力震動時，往往形成反饋式的往復式振幅擴大作用，當達到自然頻率時飛機將解體，因此在飛機的機體設計及安全操作上，如何避免產生地面共振是維護人機安全最重要的考量，換句話說在設計時如何減低可能的自然頻率範圍及防止易生地面共振的設計，而在安全操作上增加飛行員的體驗及操作熟習度，均是解決地面共振危害飛安的最好方法。

2. 地面共振的環境

(1) 三片主旋翼：

由於直昇機的三片主旋翼係等分的裝置成 360 度，各旋翼片間的水平角度均為 120 度，但各旋翼旋轉時會有小幅度的超前及落後，此時可由避震器來調整，當振幅無法消滅時，旋翼將造成機身的變型。

(2) 降落輪：

與地面的共振通常發生在起飛及降落時，當飛機的輪子撞擊地面時，振波傳至機身，造成旋翼片的角度失去平衡，可能導致飛機再次撞擊地面，因而另一輪來自地面的振波再次傳回機身，擴大了旋翼的失衡，如此來回的振動將會持續不斷的增加，造成飛機的迅速失衡而全毀。

3. 共振時之改正操作

- (1) 若旋翼轉數在正常降落的範圍內，將有足夠的條件可以將飛機提昇滯空後，再循正常的程序降落，轉速的改變將可消弭振動的持續擴大。
- (2) 如果旋翼的轉數不足時，可以減少馬力降落，因為再增加馬力勢必會因時間不足而無法將飛機提昇，在減少馬力時，飛行員應使用旋翼煞車以消弭振動。

4.7 影響直昇機飛航安全之人為因素分析

由 1995 年全球直昇機失事主要原因分析，可知在 209 件已知事故中因飛行員失誤或錯誤判斷導致失事者計 90 件最高約佔 34% 之比率；而我國歷年來 27 件次直昇機失事之主要原因中，亦以人為因素計 17 件次佔 63% 為最高，均顯示在影響直昇機飛航安全各因素中，人為因素才是影響直昇機飛航安全之主因，遠較機械因素更值得關切。以下就駕駛員與維修人員之認證與訓練加以說明。

1. 駕駛員方面

以紐西蘭為例，大部分直昇機失事是出自於 Robinson 公司的單活塞引擎直昇機(R22)及 Hughes 公司的 269 型直昇機，肇事原因則以超載與駕駛員缺乏經驗為主。

而美國聯邦航空總署(FAA)有鑑於 Robinson 公司的 R22 型直昇機自 1979 年獲得 FAA 之認證後，迄 1995 年 3 月止已發生 343 次意外事件；該公司 R44 型直昇機亦是頻傳失事事件，故頒布一項特殊的聯邦飛行規則 (Special Federal Aviation Regulation, SFAR)，來規範 R22 與 R44 之操作，以期改善駕駛員對緊急狀況之反應及處理能力，其影響範圍包括學員、檢定合格的駕駛員及領有執照的飛行教官，且地面訓練及飛行訓練亦在要求之列[2]。

該項特殊的聯邦飛行規則(SFAR)雖已規定合格之 R22 與 R44 飛行教官，至少應有 200 小時的直昇機飛行經驗，其中至少 50 小時為 R22 與 R44 之經驗。但為確保飛航安全，該公司特別規定飛行教官之飛行小時由目前之 50 小時調整為 200 小時，因為唯有嚴格之駕駛訓練，才是改善飛航安全之首要工作。

2. 維修人員方面

美國在 1994 年 8 月 17 日由 FAA 公布了規則制定報告書 NPRM94-27，其目的是對其新完成之 PART66 規則下維修人員之認證、訓練、實習其流通要求作一強化與解釋。

該規定增加一項流通之要求，是關於經認證之維修技術人員，行使其執照補償或租用之特性，除非在前 24 個月此技術人員履行至少 1,000 小時在其認證下以維修技師服務、或在其他經認證之維修技師監督下服務、或指導監督其他的維修指導員、或在容許範圍內監督飛機之維修或改裝等。

該維修人員必須修習完整之維修課程，並包含至少 16 個小時之教學。

4.8 結語

由於直升在機機械方面之設計，當引擎失效時所採用的無動力操控補救措施大部份都採用自動旋轉降落來迫降飛機，故可確定直昇機的自動旋轉降落較定翼機而言，應有較佳且安全的表現。

惟因直昇機在機身原始結構設計上的限制，造成直昇機的乘員無法利用彈射及降落傘來逃生。因為降落傘尚無法用作空中飛行組員逃生之用，跳傘時旋翼片很可能擊傷人員及降落傘；且直昇機多屬低空飛行，無足夠的安全跳傘高度。因此，自動旋轉迫降為直昇機空中遭遇危急狀況時的唯一自救緊急處置。所以，直昇機本身的安全操作設計，就必須考量乘員在遭遇引擎失效時如何將傷害減到最低，是促進直昇機飛航安全上極重要的課題。

此外，地面共振對於飛行員而言是個可怕的夢魘，由於發生的時間太短，往往造成飛行員反應不及而造成失事，故如何加強直昇機航員緊急應變實為當急之務。

就全球與我國直昇機失事資料之肇事原因分析中，均以人為因素居多，故改善人為因素應重於一切。依據國外經驗，唯有加強航空組員之訓練與緊急應變能力，以及維修人員之完整訓練與技能，方能確保直昇機之飛航安全品質。

本章參考書目

- 1.直昇機的營運與飛安，呂澤政，航太工業通訊，民國八十五年九月。
- 2.中華航空事業發展基金會，台灣地區直昇機運輸網路之規劃，民國八十五年十二月出版。
- 3.Flight International, June 12-18, 1996.
- 4.Flight International, August 14-20, 1996.
- 5.Avionics Magazine, February, 1996.
- 6.Internet ALTAIR Avionics Corporation.
- 7.Internet Boeing Corporation.

第五章 促進直昇機飛航安全之策略與作法

本章首先探討直昇機在我國整體運輸系統中所扮演之角色，接著說明我國開放直昇機客貨營運之市場前瞻，以及開放政策之評估與安全管理，最後則針對影響直昇機飛航安全之因素，研提促進飛航安全之策略與作法。

5.1 直昇機在我國整體運輸系統中所扮演的角色

本節分別就台灣地區之地形環境、整體運輸發展之瓶頸、直昇機之運輸特性、未來之發展潛力以及整體運輸之定位加以說明。

1. 台灣地區之地理環境

由於台灣地區之地理環境為山地多、平地少，且地形起伏大。本島由中央山脈劃分為東西兩部分，西部走廊為地狹人稠，且人口高度集中的都市化地區；東部地區則受地形影響，發展上較不及西部之繁榮。

2. 我國整體運輸系統發展之瓶頸

近年來由於經貿發展，國民所得快速成長，汽機車等自用運輸工具成長激增，都會區內之道路與城際間高速公路在尖峰時間均呈壅塞狀況；空運亦隨之快速成長。惟因硬體建設趕不上運輸需求之成長，即使民航空域與機場起降亦已趨飽和，故整體運輸系統已顯現供不應求之窘狀。

3. 直昇機之運輸特性

由於直昇機具有垂直起降、可滯留空中、可目視飛行等特性，故可突破山川地形上之阻隔。在國外多用於中短程商業通勤與休閒旅遊運輸用途、以及空中地形測繪、攝影與轉播、海

陸山區搜索與救助、森林救火與高樓救難、海底與地下礦物探勘、空中吊掛等特殊任務。

4. 未來直昇機之發展潛力

目前在國內直昇機仍以軍事用途為主，而民用直昇機部分則係歸屬普通航空業務，包括石油探勘、空照製圖、傷患急救、火災防護、噴灑農藥、路況監視等。因應國內整體運輸發展之需要，政府已宣示開放直昇機經營客貨運輸業務。

由於直昇機之機動性大，對起降場地的需求較少，已被世界各國公認為緊急救護體系中最有效率之運輸與醫療工具。以美國為例，其第一架專業救護直昇機係在1972年被使用，迄今該國之專業救護直昇機隊已超過200架。

反觀國內緊急救護體系中政府所使用之直昇機隊，計有國軍搜救中心S-70C型共3架、UH-1H型共2架，省政府2架S-70C型直昇機以及空中警察隊AS365N2型共7架、Hughes 300型共2架、Hughes 500型共5架等。

雖然國軍搜救中心目前每年協助受理民間傷患運送之任務高達一百餘件，但其主要任務為搜救軍機與船艦；至於省府之直昇機歸民航局管制，故起降地點常受到限制；而空中警察隊因任務繁多，亦無法分身肩負緊急醫療之責任。由於這些單位平日各司其職，不可能二十四小時待命，來應付緊急醫療需求，故由民間直昇機業者來承辦緊急醫療服務，除可發揮其有效之運輸與醫療功能外，且可彌補政府資源分配上之不足。

就國際直昇機市場而言，直昇機之載客容量已可達22~30個座位，若以現階段國內馬祖航線之小型客機載客量而言，其二十人座之座位常未能坐滿，故若以大型直昇機取代小型螺旋槳小飛機來飛航離島航線，應是具有市場開發之潛力。

5. 未來直昇機在整體運輸之定位

有關直昇機客貨運業務開放後，其在整體運輸之定位，可因應國人中短程商務通勤與休閒娛樂之需求，配合海陸山區之搜救、離島緊急醫療運輸等支援。故開放直昇機客貨運業務確有其時代意義，除可提供高時間價值之客貨運輸服務，以有效紓解地面運輸系統之壅塞與瓶頸外，並可充分利用低層空域之容量。

日後直昇機客貨運業務在整體運輸之定位應為中短程、高價位之小眾運輸，其運輸項目包括：

- (1) 中短途客貨運輸(包括商務通勤與旅遊接駁)；
- (2) 離島及交通困難地區之運補與緊急醫療救助；
- (3) 海陸山區之協助搜索與救助(付費)；
- (4) 普通航空運輸業之現行業務(石油探勘、空照製圖、傷患急救、火災防治、噴灑農藥、路況監視等)。

5.2 我國開放直昇機客貨運市場之展望

欲探討國內直昇機開放客貨運輸之市場，約可溯及二十年前大華航空公司即闢有直昇機飛台中水湳、梨山、阿里山等地之航線。當時專為直昇機設計之C航線，是提供輕航器的飛行航線，也早已規劃完成，而目前國內已確定的輕航器飛行航線約有31條。

惟目前民航局開放的直昇機業務僅限於空中拍照、空中勘查、空中旅遊，其中空中旅遊必須由原點起飛、原點降落。以台灣空運市場而言，空中拍照業務雖越來越多，但並非每天皆有，故對於目前所開放之直昇機業務而言，其市場仍十分有限。

依據民國八十六年五月公布之我國開放直昇機客貨運輸的航線分配額度，在48個客運班次與13個貨運班次中，以亞太航空得到最多的航線額度，計有12班次之客運與5班次之貨運額度，其次為台灣與遠東航空各獲得9班次之客運額度；在航線方面則共有15條航點對航點的

飛航，其中自台北往返中正機場共 14 班次客貨運，為營運許可最大的航線，其次為自台北往返馬祖 10 班次；而單次飛行時間最多之航線則為台北到蘭嶼間約 80 分鐘的飛行，但僅開放一個班次。有關我國開放直昇機客貨運輸航線分配額度，詳如表 5.1 所示。

表 5.1 我國開放直昇機客貨運輸航線分配額度一覽表

航空公司 分配額度 航線	飛航 時間 (分)	大 華	台 北	台 灣	亞 太	凌 天	國 華	瑞 聯	遠 東	德 安	總 計
1. 台北-馬祖	70		2	1	2p 2c			3			10
2. 台北-中正	15	2		3	3c		3		3		14
3. 台中-中正	25	2		2			2				6
4. 台中-馬公	65					4c					4
5. 台北-蘭嶼	80			1							1
6. 台北-綠島	70			1					1		2
7. 高雄-蘭嶼	35			1					1		2
8. 高雄-綠島	25								1		1
9. 台東-綠島	15								2	1	3
10. 台東-蘭嶼	30								1	1	2
11. 蘭嶼-綠島	25				4						4
12. 台北-馬公						4c					4
13. 高雄-馬公								2			2
14. 高雄-七美	55				3						3
15. 望安-七美	15				3						3
總計		4	2	9	5c 12p	8c	5	5	9	2	48p 13c

註：p 指客運；c 指貨運，未註明者則為客運

資料來源：民航局 資料整理：陳一平，運輸研究所

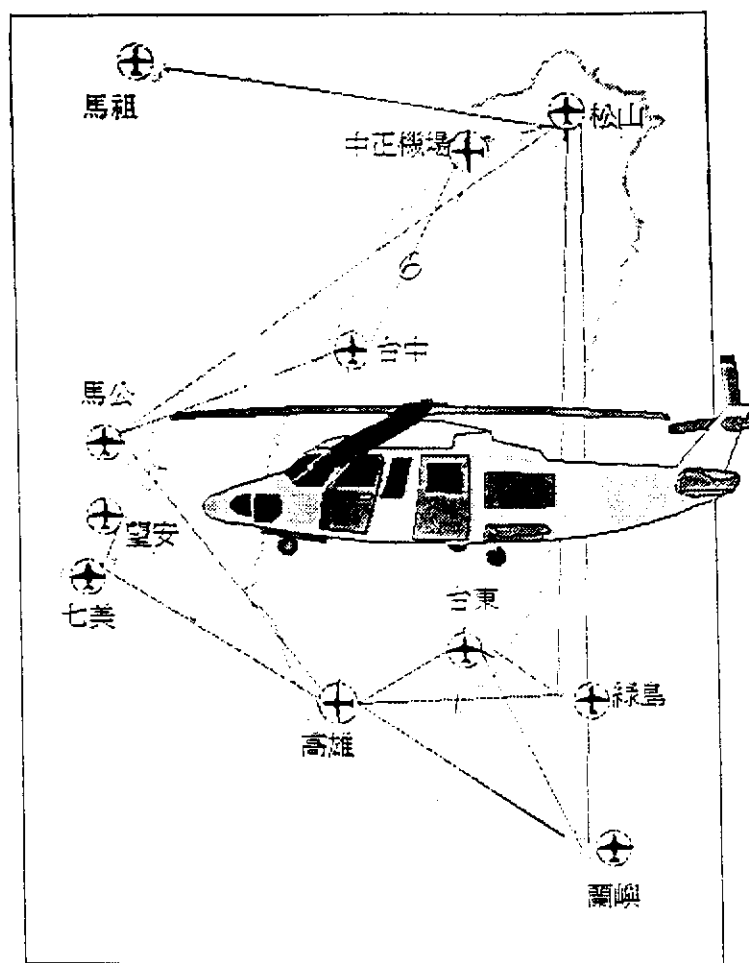


圖 5-1 我國開放直昇機客貨運輸航線示意圖

5.3 促進直昇機飛航安全之策略與作法

未來我國開放直昇機客貨運輸政策之利益方面，由於直昇機所具有之垂直起降特殊屬性，故可突破山川地形上之阻隔，故有利於島嶼型之空中運輸發展。在國內目前陸路運輸已顯壅塞之窘況下，而民航運輸又因空域有限而起降架次受限下，若能充份運用低層空域，則直昇機可提供便捷之中短程商業通勤與休閒旅遊運輸等之服務。

惟若開放直昇機客貨運輸業務後，由於民航局現有航管人員編制受限，無法支應未來更多航機之飛航管制負荷，而經營業者之資格如何規範、直昇機之起降場地、駕駛與維修人員之欠缺等問題，亦迫切需加以解決。

本節針對影響直昇機飛航安全之因素包括：場站規劃、航管、機械維修、相關法規、人員培訓等，研提促進直昇機飛航安全之策略與作法。

5.3.1 加速直昇機場站規劃之策略與作法

雖然直昇機之起降場站與航管設施較為簡單，但因目前國內直昇機起降場地並未普遍設立，建議政策上應採取階段性開放直昇機客貨運業務之策略，而加速其場站規劃之作法建議如下：

1. 第一階段之開放以機場至機場間之接駁為主，以利用所開放之十五條航線其現有機場之起降設施，同時規劃供直昇機使用之起降區與停機坪，並利用較低空層之空域航行。
2. 另第一階段建議將直昇機支援離島緊急醫療任務列為優先開放，配合離島與都會區內主要醫療中心，規劃直昇機飛航路線，例如於台北都會區之世貿中心、台大醫院、榮民總醫院、長庚醫院、高雄都會區之榮總分院、長庚分院等建築物屋頂，興建簡易之直昇機起降場。

3. 第二階段建議在各主要觀光地點興建直昇機起降場設施，經主管機關會勘審查通過後，則依序開放自機場至觀光地點、或觀光地點間之直昇機航線，以推動直昇機休憩旅遊業務。
4. 第三階段建議利用主要商業大樓屋頂，依該規範設計完成直昇機起降場，經主管機關會勘審查通過後，則准予開放自大樓至其他地點間之直昇機航線，以服務中短程商務通勤旅次。

5.3.2 加強直昇機場站航管設施之策略與作法

直昇機飛航上所需之航管設施，均可利用現有各機場之助導航設施例如：儀降系統(ILS)之定位台(Localizer)、滑降台(Glide Slope)、信標台(Marker Beacon)、以及輔助之測距儀(Distance Measuring Equipment,DME)、特高頻多向導航儀(Very-high-frequency Omni Directional Range,VOR)、歸航台/定位台(Non-Directional Beacon,NDB/Locator)、終端雷達(Terminal Radar)、以及必要之配合設施如助航燈光、能見度儀與雲幕儀。

國內現有機場因應直昇機開放客貨運輸業務後，除松山機場因受到場航機與起飛航機於林口台地上方相衝突之影響，須對28跑道之流量加以限制在28架次/每小時外，另可增設助導航設施以改變到場之程序，或加速其全球定位系統(GPS)終端設施建置，即可滿足助導航上之需要；而嘉義機場因空軍KU NDB台拆除後，尚需覓地架設；屏東機場雖僅有空軍之DC NDB台，惟若搭配其儀降系統(ILS)計畫即可應付；其餘機場如中正機場因新的終端雷達ASR-9已測試合格、豐年機場正採購終端雷達等，故各機場之助導航設施均無需增設。茲將國內機場現有或尚須加強之各項直昇機助導航設施彙總如表5.2所示：

表5.2 國內現有機場配合直昇機開放業務需加設之助導航設施

機場	增加設施	機場	增加設施
中正機場	無需增設	花蓮機場	MLS完成後無需增設
松山機場	GPS終端設施	豐年機場	終端雷達採購中
水湳機場	無需增設	馬公機場	無需增設
嘉義機場	NDB拆除後尚須覓地架設	金門機場	無需增設
台南機場	無需增設	馬祖機場	無需增設
高雄機場	無需增設	屏東機場	僅有DC NDB尚待評估

資料來源：參考文獻(1)

5.3.3 加強直昇機維修監測之策略與作法

為有效改善我國直昇機飛航安全機械維修上的問題，建議國內各航空公司可引進英國所研發的先進直昇機維護監測技術(HUMS)，因其具備下列優點：

1. 操作上快速簡捷：

飛行員在飛行前僅須作最少的準備，並從架上將2MB的卡取出插入終端機內，並選擇需要的選項，其中包含飛行員的名字、飛機註冊編號及飛行計畫資料，這樣的過程僅須費30秒，而飛行員在飛行的途中並不需要分心去操作它。

2. 可協助駕駛員決定起飛與否：

HUMS 第二代系統能充分的整合資料，並能將 HUMS 每次飛行的40000筆資料簡化成go/nogo的結果，故可協助飛行員作飛或不飛的決定，。

3. 可有效預防直昇機失事：

HUMS 能提供整體機隊及單一座機的缺點傾向，使機械及人為疏失減低到最低。

4. 強化維修的可靠性：

HUMS 可提供小到表皮磨損及裂痕的顯示，在維修程序上並能提供維修人員是否需要維修及翻修的判斷，且由國外經驗顯示，該系統可靠性已獲得適航認證人員的信任。

5. 維修成本的降低：

就安全成本而言，一架飛機的失事成本當然遠高於購入 HUMS 的成本；就營運成本分析，工程人員在維修上利用 HUMS 系統所減少的人力資源，以及工時損耗的成本相當可觀；對業者而言，實際上的成本分析雖須經過詳細的評估，但由維修成本之降低應可預見其經濟利益。

6. 以經驗修正維修手冊：

HUMS 在經過大量機隊及不同機種的考驗中，在某些特定組件的適航認證及維修過程中，已提供製造廠商充分的參考資料，來修正其維修方法、程序、性能操作參數及組件韌度等，並藉以淘汰及強化不適用組件。

7. 發揮直昇機的最大飛行性能：

HUMS 能提供資料去幫助飛行員達到最大的扭力限制，但並不超過之；亦可利用集體桿去提供舒適的滯空，並自動保護勿超過其扭力，以發揮直昇機的最大飛行性能。

5.3.4 直昇機飛航安全相關法規修正之策略與作法

因應直昇機各階段開放客貨運輸業務之需，應儘速針對其起降設備、管理編組預先加以規範，以使法規具可行性與完整性。茲將直昇機安全管理上應考量之課題列述如下：

- 政府應獎勵民間投資興建直昇機起降場，並訂定合理之起降收費制度。
- 檢討國內現有之31條低層目視空域之可利用性，俾確定直昇機之飛行空域與航路。
- 建立直昇機客貨運輸相關人才之培育制度，其人力資源應包括駕駛、航管、維修與管理人員。
- 加強其他運輸系統與直昇機間轉運設施之建立。
- 扶持國內直昇機工業與國外之技術合作及未來發展。

至於直昇機客貨運輸開放後，政府主管機關在安全管理法規制定上之作法建議如下：

1. 制定直昇機客貨運輸之飛安標準，以確保旅客飛航安全。
2. 輔導業者尋覓適合各類直昇機起降標準之場地。
3. 輔導業者培訓各類型直昇機之駕駛、航管與維修人員。
4. 厚植國內直昇機之製造、組裝與維修工業能力。
5. 重大運輸建設之場站設施應考慮興建與直昇機間之轉運設施，以提供直昇機起降之轉運服務。

5.3.5 建立直昇機相關人員培訓制度之策略與作法

因應政策開放直昇機客貨運輸業務後，在政府部門方面民航局由於現有航管人員編制受限，無法支應未來更多航機之飛航管制負荷；而業者方面對直昇機之起降場地、駕駛與維修人員之需求等問題，亦須迫切加以解決。

為有效改善直昇機人員因素之問題，建議應建立直昇機運輸相關人力資源包括駕駛、航管、維修與管理人員之培育與訓練制度，其作法建議如下：

1. 加強直昇機駕駛員的資源管理相關課程與訓練項目。

建議仿定翼機之航員資源管理計畫，在預防直昇機失事的前提下，執行其駕駛員的資源管理相關課程與訓練

項目，其中包含飛行員的人力來源、訓練方式、檢定制
度及線上值勤安全管理的方法。由於高科技機種的自我
免錯能力及錯誤容許度大增時，飛行員的失誤比率將日
益增加，因此政府應在人力資源的管理上有效加以監
督，以提升人員素質及專業飛行能力，並減少人員死傷。

2. 結合產官學研之資源，代訓業界相關人員之學理與實務課程；
例如國內對直昇機研究著名的學府：成功大學航太所、淡江大
學航太所、中正理工學院等學術團體，由業界與學校採取建教
合作方式，儘早培育直昇機相關人才；再由直昇機製造公司技
術人員，指導相關維修與操作人員各項作業程序，以收學理與
實務印證之效，並加強相關人員之技術能力。
3. 政府應建立一套直昇機人才培訓制度，包括國內與國外之受訓
課程，以輔導業界加強人才培訓計畫之執行。
4. 政府主關機關應增加稽查人力之編制，以執行直昇機飛安之稽
核作業。

對符合直昇機客貨運輸申請資格與條件者，應規範業者所
提出的營運計畫、經營航線與機隊、運量估計、資本籌募、航
務與機務計畫、駕駛人員之來源與訓練計畫、飛安組織與計
畫，並應增加民航局直昇機飛安稽核人力，以確保直昇機旅客
之安全。

5.4 結語

由於直昇機有利於島嶼型之空中運輸發展，為促進我國直昇
機飛航安全與服務品質之提升，在場站規劃方面，其起降場與航
管設施雖較簡單，但因目前起降場地未普遍設立，必須因應國內
市場之需求分階段開放其相關業務，並加速其場站規劃；在航管
方面，由於國內現有各機場之助導航設施已足堪運用，並無需增
設其他設施；在機械維修方面，為有效解決我國直昇機飛航

安全機械維修上的問題，建議各航空公司可引進英國所研發的先進直昇機維護監測技術(HUMS)，以降低維修成本，並提升其維修準確度；在安全管理之法規方面，建議制定直昇機客貨運輸之飛安標準，以確保旅客之生命財產安全；在人員培訓方面，建議政府應建立一套直昇機相關人才之培訓制度，輔導業界加強人才培訓計畫之執行。

本章參考書目

- 1.台灣地區直昇機運輸網路之規劃，中華航空事業發展基金會，民國八十五年十二月出版。
- 2.Flight International，1996 June 12-18.
3. Avionice Magazine，1996 February.
- 4.Internet ALTAIR Avionice Corporation.
- 5.Internet Boeing Corporation.

第六章 結論與建議

本研究經回顧國內外直昇機飛航安全相關文獻，以及針對國內外直昇機事故資料進行分析，探討其肇事原因後，計有以下之結論與建議。

6.1 結論

1. 直昇機具有垂直起降、可滯留空中、可目視飛行等特性，故可突破山川地形上之阻隔。在國外多用於中短程商業通勤與休閒旅遊運輸用途、以及空中地形測繪、攝影與轉播、海陸山區搜索與救助、森林救火與高樓救難、海底與地下礦物探勘、空中吊掛等特殊任務。
2. 目前在國內直昇機仍以軍事用途為主，而民用直昇機部分則係歸屬普通航空業務，包括石油探勘、空照製圖、傷患急救、火災防治、噴灑農藥、路況監視等。
3. 因應國內整體運輸發展之需要，政府已政策決定開放直昇機客貨運輸業務，業界亦積極籌備訂購或租賃直昇機中，相信日後直昇機除可提供高時間價值之客貨運輸服務，以有效紓解地面運輸系統之壅塞與瓶頸外，並可充分利用低層空域之容量。
4. 根據波音公司及國際航空運輸協會(IATA)對全球航空運輸業成長之預測資料顯示，自1994年至2013年預估全球年平均國民生產毛額(GDP)成長率在3.3%，而該期間定翼機與直昇機主要航線客運成長趨勢年平均成長率則為5.38%。
5. 若以1995年全球民用直昇機數量分佈而言，依排名順序為：美國10,260架、加拿大1,596架、日本1,111架、法國889架、英國814架、德國757架，至於其他國家則合計為6,573架。
6. 依據全球直昇機事故資料顯示，從1983年到1995年的

十萬飛行小時失事率平均值為 9.06，其最大失事率高峰值發生在 1983 年及 1994 年，1983 年為 10.64 次/每十萬飛行小時，但從 1983 年到 1988 年間均呈失事率遞減趨勢，1985 年起則呈增長趨勢。1988 年後之失事次數較之前各年雖未增加許多，但其飛行小時失事數卻明顯增加，且在 1994 年達到 10.61 之高峰。

7. 由 1995 年全球 209 次直昇機失事之主要原分析，其中飛行員失誤或判斷錯誤計 90 件佔 34% 為最多；引擎失效計 42 件佔 15.8% 次之；天候因素計 34 件佔 12.8% 又次之；其他如機械因素、電線撞擊、組員訓練或練習、撞樹及物體、航員操控下撞山等均佔 6.8% 以下。
8. 依美國直昇機每次失事之致命失事次數比率計算，自 1991 至 1995 年分別為 0.128、0.176、0.229、0.232 及 0.149。相對於波音公司對二萬公斤以上全球商用機隊 1959 年至 1994 年定翼機每次失事之致命比率平均為 0.41，則顯示直昇機致命的次數比率並不大，且定翼機較直昇機的比率高了三倍。
9. 由我國自 1971 年至 1995 年來所發生之 17 件直昇機意外事故，分析後可獲下列訊息：
 - (1) 直昇機失事主因：有 17 件次佔 63% 可能涉及人為因素，而有 6 件次佔 22.2% 可能為機械因素，有 3 件次佔 11.1% 可能為氣象因素，有 1 件次佔 3.7% 為原因不明。
 - (2) 失事的飛航狀態：以巡航計 9 次所佔比率 53% 最高，其次為降落計 7 次佔比率 41.2%，故在安全管理上須特別注意防範直昇機在巡航與降落時之安全。
 - (3) 失事的致命率：失事直昇機上總乘員人數為 57 人，其中總死亡人數為 18 人，受傷人數為 18 人，地面上受傷及死亡人數各 1 人，故致命率約為 31.6%，受傷致

命率為 63.2%，亦即若發生失事時在 100 位機載乘員中將近 37 人不致受傷，而約近 69 人得以存活，遠較定翼機(85%以上)低了許多。

(4)失事機齡分布：顯示 4~10 年的飛機所佔比率很高，相對的失事架次也佔了 50%，而 10 年以上機齡的 3 架次飛機有 2 架可歸因於機械故障，顯示機齡較高的飛機發生機械故障的可能性很高。

(5)失事總飛行小時分佈：以 1~1,000 小時佔 42.9%為最多，其 6 件失事飛行員的機種駕駛經驗平均僅 315 飛行小時，比機種經驗總平均 1,035 小時少得多，顯示在新機種換裝時，因駕駛員訓練及經驗不足至肇事。

(6)失事任務別統計：在 17 次事故中農噴為 6 次(佔 35.29%)、訓練與運補均各為 3 次(分佔 17.65%)。

10.由國籍直昇機平均失事率 44.22 次/每十萬飛小時，與飛安基金會相同期間統計國籍航空器二萬公斤以上定翼機平均 0.49 次/每十萬飛行小時失事率，以及二萬公斤以下定翼機平均 1.18 次/每十萬飛行小時失事率比較，國籍直昇機之失事率顯然偏高許多。

11.就影響直昇機飛航安全之相關因素分析可得：

(1)場站規劃方面：直昇機場站興建上除考量區位外，尚須考量相關之法規規定、飛行安全與航路規則、目視與儀器航路、噪音管制規定、週邊設施如鋪面、燈光、棚廠、標誌與防火設施等之預算經費、人員出入之安全管制要求等。

(2)航管方面：直昇機在航空管制上之要求應包括起降區、目視進場區及離場保護區、降落區、滑行路線、滑行道、停機坪、助導航設施等。

(3)機械維修方面：英國採用所發展的先進直昇機維護監測技術(HUMS)後，其 1990-1994 年期間直昇機之平均

意外發生率自 1983-1987 年平均 4 次/每十萬飛行小時，持續降至 1.5 次/每十萬飛行小時，即可證明 Hums 在維修上對改善直昇機飛安之貢獻。

- (4) 安全管理法規方面：我國對於直昇機業者之申請資格為近二年飛行時數達一千小時，而無失事及違規記錄；為靈活調度，要求機隊至少備有二架以上；無論購機或租機之客機機齡須在三年內、貨機在十年內；由於單渦輪引擎直昇機之安全性較低，故客機要求須採雙渦輪引擎。
- (5) 人員培訓方面：依據全球與我國直昇機失事之肇事原因分析，均以人為因素居多。由國外經驗唯有加強航空組員之訓練與緊急應變能力，以及維修人員之完整訓練與技能，方能確保直昇機之飛航安全品質。
- (6) 機械操作方面：直昇機雖因共振會肇致毀損，但其自動旋轉迫降確較定翼機有較佳與安全的表現。

6.2 建議

雖然直昇機有利於島嶼型之空中運輸發展，惟因民航局現有航管人員編制受限，無法支應未來更多航機之飛航管制負荷，故現階段為促進直昇機飛航安全，建議採取下列策略與作法：

- 1. 場站規劃方面：建議應分期開放直昇機相關業務，其起降場地規劃第一階段以機場至機場間之接駁為主，利用現有機場之起降設施；另為支援離島緊急醫療任務，建議配合離島與都會區內主要醫療中心規劃飛航路線，在其建築物屋頂興建簡易之起降場；第二階段為在各主要觀光地點，鼓勵民間投資興建直昇機簡易起降場設施；第三階段為利用各大樓屋頂依規範設計完成直昇機起降場，開放自大樓至其他地點間之直昇機航線。
- 2. 航管方面：國內現有機場中，除松山機場須增設助導航設施以

改變到場之程序，或加速其全球定位系統(GPS)終端設施計畫外，其餘機場之助導航設施均無需增設。

3. 機械維修方面：由於英國所研發的先進直昇機維護監測技術(HUMS)，具有操作便捷、維修可靠性、降低成本、預防事故等優點，故為有效改善我國直昇機飛航安全機械維修上的問題，建議各航空公司應可加以引進實施。
4. 安全管理相關法規方面：政府主管機關應制定直昇機客貨運輸之飛航安全標準，以確保旅客飛航安全。
5. 人員培訓方面：建議加強直昇機駕駛員的資源管理相關課程與訓練項目；由業界與學校採取建教合作方式，儘早培育直昇機相關人才；政府應建立一套直昇機人才培訓制度，輔導業界加強人才培訓計畫之執行；政府主關機關應增加直昇機飛安稽查之人力編制。

附錄一

我國歷年直昇機的失事記錄表

編號	日期	狀態	所屬公司	失事地點	失事機型	引擎型式
1	60.7.17	機號 B-12105	永興 航空	空軍水湳 機場	Bell-47G2	LYCOMING VO-435-AID
2	61.1.23	機號 B-150105	大華 航空	屏東大橋南 5哩乾河床	Hughes- 300-269B	LYCOMING H10 -360-AIA
3	61.9.16	機號 B-15104	大華 航空	南投名間鄉 新民村蕉園	Hughes- 300-269B	LYCOMING H10 -360-AIA
4	61.12.15	機號 B-15102	大華 航空	高雄縣 大寮鄉	Hughes-300	LYCOMING H10 -36-AIA
5	62.8.30	機號 B-15110	大華 航空	屏東大武壠區 南方1公里	Hughes- 300-269B	LYCOMING H10 -36-AIA
6	69.4.18	機號 B-2301	遠東 航空	中油探油船 白龍三號上	Bell-212	PT6T-3
7	71.11.17	機號 B-2311	遠東 航空	基隆外海3570 75mile	Bell 212	PT6T-3
8	72.8.3	機號 B-12112	永興 航空	南投縣草屯鎮 平林砂石場	UH-12E	LYCOMING VO -540-C2A
9	74.12.7	機號 B-11120	永興 航空	旗山	UH-12E	LYCOMING VO -540-C2A
10	75.3.13	機號 B-11120	台灣 航空	板橋 漢生東路	Bell 212	PT6T -3
11	78.6.10	機號 B-6602	龍翔亞 太航空	南湖大山	A109-A11	ALLISON 250 -C20
12	79.03.8	機號 B-12120	永興 航空	苗栗頭份	UH-12E	LYCOMING VO -540-C2A
13	80.3.28	機號 B-12111	永興 航空	高雄六龜鄉 中興村	UH-12E	LYCOMING VO -540-C2A
14	83.9.15	機號 B-12117	永興 航空	高雄縣大樹 鄉高屏溪	UH-12E	LYCOMING VO -540-C2A
15	83.12.2	機號 B-99003	台北 航空	桃園縣 桃園大橋	R-22	LYCOMING O -320-B2C
16	84.2.27	機號 B-66222	亞太 航空	嘉義梅山	Bell 206	ALLISON-250 -C20J
17	84.5.12	機號 B-99001	台北 航空	松山機場	SCHWEIZER 300C	H10-360 -DIA

編號	任務狀態	失事機齡	機身總飛行小時數	失事前總落地架次	機上乘員	死亡人數	受傷人數	距機場 1/2 mile	飛航狀態
1	熟習飛行	15	6221	不詳	1	0	1	是	降落
2	熟習飛行	不詳	1040	不詳	1	0	1	否	降落
3	農噴飛行	不詳	不詳	不詳	1	1	0	否	巡航
4	農噴飛行	3.8	1541	不詳	1	0	1	否	巡航
5	農噴飛行	6	930	不詳	2	0	2	否	巡航
6	石油探勘	8	2794	不詳	8	0	3	是	降落
7	石油探勘運補	7	1913	3153	15	15	0	否	巡航
8	農噴施藥	1.9	454	不詳	2	0	1	否	巡航
9	農噴飛行	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳
10	石油運補任務	11.5	3350	6908	12	0/1 (地面)	6(機載) /1(地面)	否	巡航
11	空拍作業	2	124	302	6	0	0	否	巡航
12	飛渡	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	降落
13	農噴飛行	10	4202	8852	1	1	0	否	巡航
14	農噴施藥	18	2472	2036	3	0	3	否	初期降落
15	本場性能訓練(自旋練習)	1.5	73	130	2	0	0	是	
16	飛渡任務	0.5	71	201	1	1	0	否	巡航
17	探勘任務	3.9	209	283	不詳	1	0	0	是

編號	氣象 狀況	助航 狀況	維修 狀況	通訊 狀況	CVR	DFDR	火 災	正駕 駛員	年 齡
1	正常	正常	正常	良好	無	無	無	金 x x	51
2	輕霧能見 度5哩	不詳	正常	良好	無	無	無	王 x x	35
3	能見度良 好	不詳	正常	正常	無	無	無	陳 x x	51
4	西北微風 能見度佳	不詳	正常	正常	無	無	無	王 x x	52
5	能見度6KM	不詳	正常	正常	無	無	無	張 x x	52
6	天氣良好 風向不定	無線電 歸航台 正常	正常	正常	無	無	無	蔡 x x	49
7	能見度6~8 公里雲幕60 呎氣流穩定 下小雨	正常	正常	正常	無	無	無	姚 x x	48
8	輕霧能見 度不良	正常	正常	起降時 未報到 報離	無	無	無	徐 x x	36
9	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳
10	能見度 2500公尺	正常	翻修未 更換磨 損零件	正常	無	無	無	范 x x	42
11	7mile 能見度	正常	正常	正常	無	無	無	季 x x	40
12	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳
13	良好	不詳	正常	正常	無	無	無	黃 x x	38
14	能見度良好	正常	正常	正常	無	無	無	高 x x	45
15	能見度良好	正常	正常	正常	無	無	無	許 x x	35
16	無低空風 切，雲幕高 正常，山區 判斷濃霧	正常	發動機正 常，主旋 動力正常	正常	無	無	有	萬 x x	47
17	降落	正常	正常	正常	無	無	無	倪 x x	47

編號	駕駛員 經驗 (HR)	駕駛機 種經驗 (HR)	副駕駛員	年 齡	副駕駛 經驗 (HR)	駕駛機 種經驗 (HR)	分析
1	3950	8	無	不詳	不詳	不詳	1.馬力正常，主旋翼動力在仍在輸出。 2.尾旋翼無材料疲勞或磨蝕現象。
2	1679	653	無	不詳	不詳	不詳	飛行員改正過遲，雖加足馬力墜地時RPM僅2400RPM(2900RPM為正常)。
3	5656	1357	無	不詳	不詳	不詳	1.飛行員的體能狀況正常，但未依規定戴頭盔以致死亡。 2.無機械故障的可能性。 3.該地形廣闊，但須作360度轉變。 4.機型轉變必須增加轉速。
4	5102	312	無	不詳	不詳	不詳	1.飛機高度甚低。 2.無機械故障形跡。 3.撞及高壓線主旋拖散墜地。
5	5660	1024	無	不詳	不詳	不詳	1.燃油增壓泵工作正常。 2.主旋尾旋無損壞。 3.主傳動皮帶無鬆脫故障。 4.磁電機及電路無磨損及搭電狀況。 5.油門及PITCH正常。
6	5154	1089	金 X X	55	8627	1427	1.無機械故障。 2.風向改變順風降落。 3.駕駛人操作不當。
7	6851	2774	蘇 X X	48	1672	72	1.浮囊充氣不平衡。 2.主旋翼在失事中發生碰撞顯示發動機仍有動力輸出。
8	2593	222	無	不詳	不詳	不詳	氣象狀況不良未能見較細之電話線。
9	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳

編號	駕駛員 經驗 (HR)	駕駛機 種經驗 (HR)	副駕 駛員	年 齡	副駕駛 經驗 (HR)	駕駛機 種經驗 (HR)	分析
10	6620	1669	陳 X X	56	7363	2728	1. 空中尾旋翼未受撞擊。 2. 尾桁及支架(Pylon & Tail Boom)傳動齒輪箱潤滑油凝固。 3. 中齒輪箱(Intermediate GB)內部接合齒絞傷齒牙中斷齒牙磨損呈藍色斷面。
11	3624	76	鍾 X X	35	2989	61	飛機無足夠高度應變不正常狀況。
12	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳	不詳
13	1593	不詳	無	不詳	不詳	不詳	1. 天氣正常。 2. 機械正常主旋發動機正常。 3. 油量無關。
14	7796	4738	林 X X	35	879	35	馬力部份消失飛機迫降
15	2269	469	楊 X X	41	741	12	1. 學習駕駛經驗不足。 2. 降落場地選擇不當。
16	5651	62	無	不詳	不詳	不詳	飛航計畫中為C1,C3,C5,C7航路,但實際航行C1,C11,C5,C13的濃霧山區。
17	2323	38	無	不詳	不詳	不詳	1. 小型機三片主旋翼易產生地面共振。 2. 小型機旋翼低轉速共振產生時間短且迅速。

編號	可能主因	建議
1	1.人因：駕駛員經驗不足，起落該機種的時數不足。 2.機械：無機械故障的可能性。	1.加強直昇機駕駛員之新進及換裝訓練。 2.每日飛航時間應不少於10小時。
2	1.人因：改正過遲操作不當。	1.加強直昇機駕駛員訓練飛行及作業管理。
3	1.人因：低高度操作不當，主旋失速致左側撞地失事。	1.加強直昇機駕駛員訓練飛行及作業管理。 2.應遵守規定戴頭盔。
4	1.人因：飛行員未依規定高度致過低撞及高壓線。	1.要求遵照安全飛行高度。
5	1.人因：非因人因操作問題。 2.機械：偶發性供油失常，儲油之油質不佳。	1.飛機用油儲存加強。 2.緊急處置程序的加強。
6	1.人因：平台降落技巧不足。 2.天候：風向改變順風降落。	1.加強飛行員訓練。 2.加強天候及時通報。
7	1.人因：可能為飛行員操作超出發動機極限：可能儀器飛行能力不足。 2.原因不明	原因不明
8	1.天候氣象能見度不良。 2.飛行員有農藥中毒昏迷的現象	加強航行工作安全
9	1.人因：落地操作不當飛機重損	加強飛行員訓練。
10	1.人因：自旋技巧的加強。 2.機械：中傳動齒輪缺乏潤滑，接合器齒槽加速磨損，致無法傳動POWER到尾旋翼。	1.依規定執行滑油齒輪潤滑。 2.加強翻修品質管理。

編號	可能主因	建議
11	1. 人因：駕駛員未遵守目視飛行規則，且未經允許擅自下降高度。	加強駕駛員遵守規定。
12	1. 人因：操作不當。 2. 機械：引擎熄火。	1. 加強飛行員訓練。 2. 加強維修檢修能力。
13	1. 人因：作業高度過低，致擊打香蕉園之鋼索。	1. 確保飛行高度。 2. 障礙資料提供。
14	1. 人因：無人為疏失 2. 機械：發動機故障	加強維修檢修能力。
15	1. 人因：1000呎改出500呎因人為操作疏失造成主旋翼轉速下降，致飛機失速失控。 2. 正駕駛因高度不足、改正不及致滾行落地造成側翻。 3. 未涉機械因素。	1. 加強飛行員訓練。 2. 慎選降落場地。
16	1. 人因：駕駛員未遵目視飛行規則。 2. 天候：濃霧迷向。	加強駕駛員遵守規定。
17	1. 人因：突發共振因飛行操作程序不熟致改正不及。 2. 機械：落地時滑橈減振系統可能損壞。	1. 飛行操作手冊加列地面共振改正程序。 2. 加強飛行員訓練。

編號	失事經過
1	08:04由水湳機場起飛，於跑道東側碎石滑行道上練習起落航線，第一次起落正常，第二次於0910回場降落時練習迫降航線，飛機下降距離地面40呎時飛機因下沉過快，而改正不及，尾部先觸地跳起，左撬再次撞地且向左翻覆，導致飛機全毀。
2	09:05起飛，指定空域熟習飛行，在自轉下降科目時高度為500呎進入，自南向北200呎開始感覺飛機下沉甚快，增加馬力後轉數不及，而觸地跳起且左側滾轉墜地失事。
3	07:15當天第七次自新民村臨時起降場起飛後高度30-50呎，向左轉彎後墜地失事，導致飛機全毀。
4	06:05由基地起飛至蕉園執行第14次噴藥之農噴作業，於0914由潮寮村東北的臨時起降場起飛，於0920左右撞及起降場西南約2公里之高壓電線，致飛機墜毀駕駛員受傷。
5	05:59起飛離場，當高度為300呎時速為60哩時，飛機突然振動不停，發動機及旋翼轉動聲不正常，機長微壓左舵壓力，企圖迫降左後空地，但機頭下墜無法改正，最後左側墜地。
6	11:30自松山機場起飛由白龍三號到伍德和八號，11:10返回白龍三號運送六人，11:15降落於船上的平台，飛機跳起接近平台邊緣，駕駛員企圖修正時，主旋翼先擊落人造衛星天線，再擊中尾衍，滑油溢出齒輪箱破裂。
7	10:42自中油海洋颶風號起飛，11:50與航管連絡1次後即未再連絡，最後尋獲屍體時飛機已全毀。
8	72年8月3日05:10載運地面作業人員一名，05:30降落在作業區，05:43起飛，進行農噴施藥，05:50因尾旋翼撞及電話線，飛機重損駕駛員輕傷。
9	不詳
10	08:33從松山機場到新竹外海，自松山起飛爬昇高度1200呎，向S.W電台前進，發現左舵抖動，飛機向右偏轉，機長決定回航，40秒後機尾發出「碰」一聲，飛機向右滾轉，駕駛員關油門以自旋迫降，近地時8:40墜落板橋，機體全毀，地面損毀計程車、高壓線及二戶民房，地面一人死亡、一人受傷，副駕駛受傷。

編號	失事經過
11	08:33松山機場起飛後，繞行南湖大山兩圈後，減速到40哩/時、高度10,000呎、距地面40呎，此時飛機發生抖動狀況，機長改正不及，09:15墜落山脊，主旋翼飛脫、尾桁折斷造成飛機重損。
12	不詳
13	07:15自旗山臨時起降場起飛，實施空投果蠅誘殺任務，正駕駛單獨操作於0745墜毀。
14	07:25自鳳山起飛回旗山途中，沿著高屏溪飛行，經屏東機場以西，高度降至300呎，副駕駛操作飛機時，部份馬力突然消失，隨後正駕駛接手進行水上迫降，造成主旋翼擊打水面，機體進水，尾桁折斷，殘骸沉入溪中。
15	由學習駕駛主飛，由1,000呎進入運動場，改出500呎高度時，RPM急速下降，轉速ALERT燈亮，正駕駛判斷部份馬力消失，接手改正，在250呎時壓集體變距桿並加油門，企圖增加轉速，無效，施行滾行落地，造成尾桁斷成三段，主起落架折斷主旋翼扭曲，側面撞地。
16	14:20自松山機場起飛到達台南玉井農會，目視飛行在15:26通過鹿港及台中近場台，15:57在梅山山區撞山失事，殘體拖曳寬15公尺長10公尺，油箱破裂，燃油滲出，發動機及油箱燒毀。
17	<p>07:55自馬公機場起飛，經望安，東吉嶼，西吉嶼，返回松山機場，11:20關車加油後，欲開車由南向北穿越跑道到台航棚場前，滑橈著陸時上下振動，並向兩側張開，機首前頃致主旋擊地，尾桁亦碰地，油箱破裂，發動機起火。</p> <p>1. 共振發生時駕駛員使用集體變距桿改正，但因為壓力太大，以致於提不起來。</p> <p>2. 飛行操作手冊指示起飛前應檢查滑橈減振器。</p>

附錄二

1995 年全球直昇機失事及事故資料明細表

HELICOPTER ACCIDENTS LIST

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operator	Phase	Failure	Notes	POB	Circumstances
January										
02	H3690	C-GVQU	Parthner Helicopters	50km W of Chilo Lake, BC, Canada	Ferry	LA			1	White-out caused by blowing snow while landing on a frozen lake. The pilot allowed the aircraft to drift, and the main rotor hit a bank.
04	H269C	VH-08K	?	Sassafraz, Tasmania	AWC	MT			1	At the end of a crop-spraying run, the pilot carried out a climbing turn to avoid a hedge and house, but the aircraft lacked the necessary performance to complete the manoeuvre and hit the ground.
05	R22 Beta	VH-JTH	?	Bankstown, NSW, Australia	CT	LD			1	Flared too high in practice engine-off landing and touched down hard.
08	AS350B2	HGLPB	Ellstar	Trenno, Italy	DNP	ER	5		6	Witnesses report that the aircraft crashed after entering a spin on a good-weather soft-terrain flight along mountains at 4,000ft.
09	HH-43F Husky	N321W	Freeway Aviation	Glendale, Arizona, USA	AWC	MT			1	Hit tree during aerial-application flight.
11	M-2	RA-237B1	Tverskoye Flight Unit	Marvan Mar, Russia	AWC	LA		5	7	Suddenly lost height in gusty conditions.
13	H269C	VH-MMH	?	3km S of Deloraine, Tasmania	AWC	MT			1	Hit power lines between spray runs. Main rotor severed tail boom and helicopter crashed and burned.
14	3206B3 Jet Ranger N2209P		Worle Air Aviation	Hollywood, California, USA	DNP	ER	2	2	4	Collided with power lines in poor weather at night.
15	H3690	LV-WDL	Andes Aviation	Mt Tronador, Rio Negro, Argentina	AWR	MH			1	Helicopter was hit by a strong downdraft during a mountain rescue in a crevasse. The rescue took few up and was caught in the rotor.
18	A-109C	N1LWD	Leffler Transportation	Jackson, Pennsylvania, USA	DNP	MT			3	Manoeuvring extensively close to the ground near the airport in marginal weather, the aircraft finally rolled and crashed.
18	H369E	NATP	City of Tampa Police	Tampa, Florida, USA	AWR	MT			2	Hit a river surface during a night rescue. The pilot appears to have become disoriented.
19	AS332L	G-THGK	Bristow Helicopters	Nr East Brae Platform, North Sea	DNP	LA			18	Forced circling following lightning strike damage to tail rotor. Rotation system worked well, enabling the crew to evacuate safely.
20	H205A1	C-FPHR	Frontier Helicopters	NE of Williams Lake, BC, Canada	AWC	MH			1	Loss of power during logging operation, followed by forced landing. Combustion-chamber failure caused by fatigue.
23	30-1055	N5194B	Offshore Logistics	Cameron 278B, Gulf of Mexico	Ferry	CT			1	The pilot failed to notice a new stall at 100ft, and this destabilised the helicopter while the pilot turned it into wind to take off.
24	3206B3	G-GTOX	Catto Helicopters	Kettering, UK	AWC	MH			3	Power failure caused forced landing.
28	3206B3	N5009N	Crescent Airways	Joe Robbie Stadium, Miami, Florida, USA	DNP	ER			3	Power failure and forced landing. US National Transportation Safety Board later attributed engine faults to poor maintenance.
February										
01	R22 Alpha	VH-BEL		Oragworth Station, Queensland, Australia	AWC	ER			1	Struck power line near a lake during power line survey.
04	30-105CB	P-KPFP	Petra Air Service	Nr Blang Gajah, Indonesia	DNP	LD			3	Pilot lost control while following a slope above trees. Weather poor.
10	RA-26	RA-2430B	Central Regions RCSI	Penza, Russia	AWC	ER			3	Helicopter damaged during pipeline survey in snow.
11	3206B Jet Ranger C-FBHR		High Terrain Helicopters	Kokanee Glacier Park, BC, Canada	DNP	LA			3	White-out caused by blowing snow at helicopter landing site.
11	3206LR	C-GVIX	Armet Helicopters	Temuco, Chile	AWC	MH			1	Unintentional drift during set-down caused skid to snag on snow.
13	3-58JT	N1099T	Glacier Helicopters	Marblemount, Washington, USA	AWC	MH			1	Loss of control during firefighting operation with underslung bucket. Bucket cables snagged on skid.
14	3206L4	N17DAL	Air Logistics	Gulf of Mexico, off Vermilion Bay, USA	DNP	ER			5	Emergency message indicated "inadvertent MC". Crashed into sea.
14	H269C	VH-PKK	?	S of Mooroon Airport, Victoria, Australia	Pvt	ER			1	Fatal accident. Initial investigation indicates that the main rotor assembly and about half of the static mast separated in flight.
20	44702B-KH4	VH-HLG	?	Riverview, SE Warren, NSW, Australia	AWC	MT			1	Pilot planned to fly under power lines across a field he was surveying, but miscalculated the aircraft's height, struck the wire and crashed.
21	R22 Beta	VH-KJS	?	Kununurra Airport, Australia	CT	LD			2	Touched down from auto-rotational practice approach on to soft ground with slight forward speed. Skids dug in and aircraft crashed.
22	AS350B Ecureuil	N20SP	Massachusetts Police	Charles River, Cambridge, USA	Pvt	ER			4	Indications of engine failure. US National Transportation Safety Board report has criticised organisation's maintenance and training.
22	MH-6	RA-22773	Tyumen Directorate	Mys Kamenny, Russia	AWM	LA			4	Hit ground nearly 1km short of runway and well to the left of extended centreline during a dusk approach in blowing snow.
23	3E313 Alouette II A-75		Belgian AF	Brasschaat, Belgium	CT				2	Training with underslung load. Engine failed.
23	3212	C-FALV	Alpine Helicopters	Glacier Dome, BC, Canada	DNP	LA			12	As it was being prepared to land skiers on the downwind side of a peak at the 10,000ft level, the aircraft suddenly began rising height, increased power failed to stop the descent and the helicopter touched down hard. The aircraft may have been overweight.
24	30593	C-GCHN	Carlson Helicopters	Nr Orlon, Montana, USA	AWC	ER			2	Despite positive results from checks to test if the snow surface was firm enough to set down, one of the skids sank into snow and tail rotor and boom hit surface.
25	3206L	C-GCHN	Canada Coast Guard	East Margaree, Nova Scotia, Canada	AWC	ER			3	Power-line strike followed by crash.
26	3206B3	3-6622	Asia Pacific Airlines	Mt Merapi, N Chay, Japan	Ferry	ER			1	Entered cloud while flying in a valley. Aircraft crashed out of control.
26	H3690	C-GVEB	Prism Helicopters	55km E of Carmichael River, Canada	AWC	MH			1	Main rotor drive shaft failed.
27	3206L	N970CC	Digital Transport	Marvland Heights, St Louis, Missouri, USA	Pvt	CT			5	The aircraft suffered power loss, set down hard and rolled over.
March										
06	3206L	N164BH	Biscayne Helicopters	Biscayne Bay, Miami, Florida, USA	AWC	MT			3	Noises caused pilot to perceive that there were engine problems and he elected to ditch. Subsequent investigation indicates that there was no power-system failure.
07	H369E	N59HS	Harbert Sutton	Nr Lakeview, Oregon, USA	CT	MH			1	Hit ground during power in solo training flight.
07	R22 Beta	VH-LAS	?	West Alligator River, NT, Australia	AWC	ER			1	Lost power during wildlife survey flight. Auto-rotation to heavy landing.
08	M-17	?	Polish AF	Bernowo, Warsaw, Poland	Pvt	LA			2	Power reduction during hover occurred on the first flight after major maintenance. Very hard landing caused total loss. Possible main rotor control assembly error.
10	3206L3	OV-WMH	Arta Helicopter	Nr Olomouc, Czech Republic	CT	ER			2	Engine shut down accidentally during practice auto-rotative landing.
10	M-2	RA-14295	Pravdinskoye Directorate	Nr Pawlovka, Russia	AWM	ER			3	Pilot continued into deteriorating weather, losing height to maintain visual contact with the snow-covered ground. A final attempt to turn back led to pilot disorientation and crash.

HELICOPTER SAFETY

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operator	Phase	Failure	POB	Circumstances
12	AS355F2	OE-BXV	Ministry of Internal Affairs	Hong Viesch, Austria	AWR	NH	1	5	Rotors hit rocks during mountain rescue.
13	UH-12E	VH-MEL	?	30km E of Tarago, NSW, Australia	AWS	MT	1	1	Engine lost power during low-level spraying. Rolled over.
15	320683	LV-HWF	Helicopter	Nr San Nicolas, Argentina	Pvt	ER	2	2	Struck power lines at 200ft above a road.
18	M-2T	RA-245 LJ	Magadan Directorate	Anadyr, Russia	AWM	TC	1	3	Both engines failed during early climb. Believed to have been ice ingestion. Aircraft written off in emergency landing.
18	Enstrom F28-C	?	?	San Geronimo, California, USA	?	?	1	3	Loss of control.
19	3A365N	CA-RJH	Proxima	Offshore Ciudad del Carmen, Mexico	Ferry	ER	2	2	Aircraft lost in night flight to oil rig. No distress call.
20	320683	N2223P	Western Pacific Fisheries	Offshore Honiara, Solomon Islands	AWS	TI	1	2	Tail rotor failed, main rotor hit ship from which the helicopter had taken off, and the aircraft fell into the sea.
20	M-2	RA-14146	Brigansk Flight Unit	40km from Nizhnevartovsk, Russia	AWR	ER	1	4	One engine failed and pilot carried out forced landing in woods.
21	320683	CFALP	Provincial Helicopters	Lake Winnipeg, Canada	DNP	ER	1	3	Pilot lost visual reference on entering fog and helicopter struck frozen lake surface, coming to rest on one side.
21	47G38-MH4	VH-LFX	?	Permerston, NT, Australia	DNP	ER	1	1	Ran out of fuel while awaiting clearance for approach to heliport. ATC had been informed of low fuel state. Auto-rotated to land heavily.
23	320683	VH-WFF	MTM Black	SW of Mt Surfers, Queensland, Aus	AWS	NH	1	4	Turbine RPM began to fall, so pilot landed immediately on uneven ground and the main rotor hit the ground.
25	H369HS	N3961H	Crystal Finger	Nr Burnet, Texas, USA	Pvt	ER	1	3	Authoritative landing on "unsuitable" ground.
27	M-2	RA-23801	Yashen Airlines	Bogoye Sady, Russia	Ferry	GR	1	1	Precautionary landing on deep snow because of deteriorating weather. On engine start-up next day, aircraft gear settled into snow and the aircraft rolled.
28	H369	YS-QDP	Alfredo Christian	Arco de Santa Elena, El Salvador	Pvt	TI	1	4	Crashed following apparent engine problems.
29	M-2	UR-20847	Artemichuk Flight College	Nr Ujansk, Ukraine	DNC	ER	1	2	Precautionary landing because of deteriorating weather. Landed downwind, but rate of descent increased just before touchdown.
April									
01	3206L1	N701EC	Riv Hammer	Nr Circle Ranch, Texas, USA	Pvt	TI	1	7	Struck wires during descent after power loss.
06	47G38	VH-MEB	?	Moonee, NSW, Australia	Ferry	TI	1	1	Pilot heard a loud crack and auto-rotated to land in shallow water.
07	320683	7-GWGG	Helicopter 19 Helicopters	King Island, Canada	AWC	TI	1	1	Pilot believed that load line had been released, but it had not, and suddenly pulled back. The pilot lost control.
07	3214ST	VH-LAT	Lloyd Helicopters	Nr Atwood Estate, N of Darwin, Aus	DNC	ER	1	2	Pilot felt a jolt in controls and aircraft began to vibrate. This ceased, but returned, and helicopter began to yaw right. Pilot auto-rotated to ditching. After landing, the pilot noticed that the tail boom was floating 50cm away from the main wreckage.
08	3206A	Q-GXWR	Permerston Helicopters	King Bay, BC, Canada	DNP	EG	1	2	During attempt to land among logging debris, pilot decided to abort landing, but right hub disengaged and the helicopter rolled over.
12	M-2	2K-22920	Besse State Enterprise	Kapan, Armenia	DNP	TI	1	22	During lift in steep climb, crossed road, lifted left and hit buildings.
16	320683	N779CH	Austin Jet	Horseshoe Bend, Missouri, USA	Pvt	TI	1	1	Pilot started up engines with one of the main rotor blades still disconnected. Blade was broken and hit the boom.
19	320683	?	Polski AF	Bartow AF, Warsaw, Poland	CT	UR	1	1	During practice autorotative landing the tail slid hit ground and main rotor reversed tilt.
22	M-1B	N39SD	Blue Mountain Helicopters	Nr Wasele, Washington, USA	AWC	NH	1	1	Engine rotor lock failed while lifting load. Helicopter hit trees.
23	3206L1	N208AH	Classic Helicopter Service	Albee Pine Mt, N. Richfield, Utah, USA	Ferry	TI	1	2	Shortly after takeoff there was a loss of power, and autorotative landing resulted in hard touchdown. Helicopter had been grounded on mountainside for five days by bad weather and heavy snow. Pilot had run engines for 20min before takeoff.
24	M-2	3A-23756	Over Amazon Enterprise	Kurshino, Russia	AWS	UR	1	3	Hard landing struck main gear and helicopter rolled on to side.
27	320683	HB-XLR	Mountain Flyers 80	Belo Airport, Bern, Switzerland	CT	TI	1	1	Pilot allowed aircraft to pitch up and roll during takeoff. When tail hub touched ground, aircraft rolled on to right side.
29	MDS20N	HB-XUJ	Fuchs Helicopter	Nr Fersland, Switzerland	CT	TI	1	1	Helicopter hit rising ground near landing site, and rolled over. Snow cover obscured contributed to lack of pilot horizon-orientation.
29	M-2	UR-14206	Sinteropol Factory	Prostomove, Ukraine	AWC	UR	1	1	Pilot not trained in night flying continued some after dark. At landing, the helicopter rolled on to right side.
May									
01	H369E	LV-QMW	Heavy Transport	Nr Jansberg, Norway	CT	NH	1	2	During engine-out landing practice from low hover, aircraft nosed over in soft ground and application of air cycle with low rotor RPM caused rotor to sever tail boom.
02	3206L3	N347AL	Air Logistics	Gulf of Mexico off Venice, Louisiana, USA	DNP	LA	1	2	Hit sea on daylight good-visibility approach to oil platform.
03	320683	N219CT	Private	Nr Hamilton, Massachusetts, USA	Pvt	TI	1	1	Struck trees in darkness. Pilot was OT, with licence medically endorsed against night flying.
03	AS350D Aztec	N900PM	Trislate Helicopter	Nr Sea Bright, New Jersey, USA	DNP	ER	1	1	Total loss of power. Auto-rotated from 1,000ft AMSL having cleaved floats, but tail rotor hit water on flare and broke off. Rotation worked.
04	AS350BA Ecureuil	G-GHVV	Helicopteres Abbot	50km NW Hinton, Alberta, Canada	Ferry	LA	1	1	Tailwind gust made touchdown hard. Rotor severed tail boom.
04	3206L3	NK-3171	Tas Aereo del Tuama	Nr Buenavista, Colombia	DNP	ER	4	4	CRIT - hit tree in bad weather.
04	Mil M-8	RA-25218	Nizhnevartovsk Flight Unit	Nr Nizhnevartovsk, Russia	AWP	ER	17	17	Both engines failed within a few minutes of each other because of ice ingestion. Emergency landing on soft ground resulted in rollover.
05	AS350B Ecureuil	G-PLMA	PLM Helicopters	Loch Gile, Scotland, UK	AWC	ER	1	1	External sling line appears to have bounced into the tail rotor and the helicopter crashed beside the loch.
07	H369E	HB-XRW	Fuchs Helicopters	Jungfrau Jock, Switzerland	Pvt	LA	1	5	Hard touchdown and rollover.
14	30-105C	Q-H93V	DLR Braunschweig	Nr Stendal, Germany	Ferry	ER	2	2	Lost control and crashed.
17	M-2	RA-20981	Kostroma Air Enterprise	30km from Kostroma, Russia	AWM	ER	1	5	Right engine failed because of oil-spray problem. Precautionary landing on soft ground led to nose-over and rotors hit ground.
19	S-31N	ZS-RDY	Hainam/Court	Skeleton Coast, Namibia	DNP	ER	1	6	One engine failed en route to a ship. Some time after turning back the speed decayed and the pilot made a precautionary landing on the sea and water-logged some 27km to the coast, then reached the aircraft.
19	R21-MP	VH-EWY	?	20km N of Karumba, Australia	AWM	MT	2	2	Operating in low visibility in windy conditions, the helicopter hit the ground with its right skid and came to rest inverted.
23	R22 Beta	VH-KI	Pvt	Bembere Homestead, Victoria, Australia	Pvt	NH	1	1	Positioning in a 3rd AGL hover, some equipment in the helicopter struck the collective lever. The aircraft rolled, main rotor hit the ground.
25	H3690	N7079K	PC Helicopters	Nr Parkman, Ontario, USA	Test	TC	1	1	Engine drive shaft coupling failed and hard touchdown caused tail

HELICOPTER SAFETY

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operator	Phase	Failure	Source	POB	Circumstances
29	B206L1	CPMZE	North Central Helicopters	Glansberg Lake, Saskatchewan, Canada	AWP	LA	-	-	1	Engine-to-transmission drive shaft was later discovered to have been from a German helicopter which had suffered shaft shock-loading, after which it should not have been used again. Effectively this was a "bogus-parts" incident.
29	R22 HP	VH-HIJ	?	SE Georgetown, Queensland, Australia	Pvt	ER	-	-	1	Helicopter gear snagged on log-constructed helipad as it attempted to get airborne, then resulting deformed surface caused aircraft to roll over on touching down again.
31	AS355F1	N5781D	Rogers Aviation	Nr Lost Hills, California, USA	Ferry	LR	-	-	3	Aircraft suffered a power loss at 1,000ft AGL, autorotated into trees. Just before night touchdown at a medevac point illuminated by two fire trucks, the helicopter pitched and banked, touched down hard and bounced, then lost control and rotor struck ground.
31	AS350B2	N60618	Tenison Helicopters	Percebe Glacier, Skagway, Alaska, USA	DNP	GP	-	-	7	Before start-up the aircraft began to slide on glacier surface and rolled over into a depression.
31	Aa-28	RA-19818	SAAK Aaa	Stavropol Region, Russia	AWC	MT	-	-	1	In short descent to 5m AGL, operating height, aircraft appears to have been affected by windshear because the pilot could not arrest the descent and struck ground with high forward speed.
June										
01	UH1L (204)	N27FL	Intermountain Helicopters	Nr Sutherlin, Oregon, USA	AWE	MT	1	-	1	While attempting to pick up a log on cable, pilot manoeuvred aircraft backwards and rotor hit a tree. Aircraft went out of control, hit ground at the edge of a 50m cliff and fell over it.
02	B206B	N85RP	Dept of Interior	Nr Meeker, Colorado, USA	AWP	PI	-	-	1	Took off from mountainside at 11,000ft level, but cockpit canopy misted up. Pilot set down again and main rotor severed tail boom.
04	H289C	VH-OBL	?	Bankstown Aerodrome, NSW, Australia	CT	LD	-	-	7	As collective lever was lowered after landing the helicopter began to shake uncontrollably and the aircraft was destroyed. It is believed to have been caused by ground resonance.
06	VH-17	?	Indian AF	Arunchal, Pradesh, India	Pvt	PI	-	-	3	Crashed on take-off for flight to take food to remote communities.
09	AS315B Lama	VR-HJM	Heliservices Hong Kong	Helipad, SW of Sek Kong, Hong Kong	Ferry	LR	-	-	2	Just after touchdown the helicopter began to vibrate violently and the pilot felt the controls restricted. He finally shut the engine down using fuel-flow lever, but the rotors had already hit containers. Investigation found that flexible hydraulic hose connected to the lateral servo actuator had ruptured.
12	H3690	N549SW	Silver Bay Logging	Nr Ketchikan, Alaska, USA	AWP	ER	-	-	4	Engine reported to have lost power, and in autorotative touchdown the aircraft rolled over.
13	B212	CPNMP	Northern Mountain	N of Fort Vermilion, Alberta, Canada	AWP	PI	-	-	3	While turning after lift-off, helicopter lost height and settled into trees.
18	B206B	VH-GEO	Georgina Holdings	Clarence River, N of Grafton, Australia	Pvt	ER	2	-	2	Power-line strike followed by loss of control and crash. The lines were not marked and the aircraft was flying towards setting Sun.
19	AS350B Ecureil	C-GSKI	Blackcomb Helicopters	Brokbank, Saskatchewan, Canada	AWE	MT	-	-	1	Jettisoned external load upon losing power. Hard touchdown followed autorotative landing.
20	B206L2	C-GSHZ	Helix-Transport	130km S of Chapais, Quebec, Canada	AWP	TA	-	-	2	Main rotor struck guy wires of the communications tower near which the pilot had landed.
28	H3690	N1C89N	Weston Helicopters	Nr Highland, California, USA	AWS	MT	-	1	4	Loss of tail-rotor control, touched down and rolled over. Investigation revealed the possibility that a passenger's missing jacket was blown out of the cabin (from which three doors had been removed) and had fouled the tail rotor.
28	B205A1	C-GWNR	Northern Mountain	3km N of Leaf Rapids, Manitoba, Canada	AWP	ER	3	-	9	Helicopter crashed into river when it lost power.
29	B206B3	G-BHI U	Castle Air	In sea N of Alderney, Channel Isles, UK	Ferry	ER	-	-	1	Engine vibration followed by chopper-detonator warning light. On touching, the helicopter rolled and sank. Possible accessory gearbox failure.
29	B206B2	SH-HSR	Cooler Action	Vinoh, 20km NE of Helsinki, Finland	Pvt	PI	-	-	4	Tail-rotor authority lost in downwash recirculation caused by wind direction. Hard touchdown and rollover.
29	SA315B Lama	VR-HJG	Heliservices Hong Kong	Tan Kwai Tsuen y, Nr Yuen Long, Hong Kong	AWE	VM	-	-	1	Maintenance error resulted in loss of yaw control. Pilot, who was positioning to pick up an external load at the time, carried out an emergency landing but the helicopter spun and rolled over.
July										
04	B206L1	C-GLBA	Air Alma	Fontanges, Quebec, Canada	AWE	PI	-	-	1	Engine power loss. Pilot carried out emergency landing among trees.
04	H369HS	N9196F	Helicopter Specialty	Carbon River, Nr Orting, Washington, USA	DNP	ER	-	3	3	Power-cable strike on pressure flight above river at about 40ft AGL followed by crash landing.
06	B206B3	N206GS	Liberty Helicopters	Helipad, Manhattan, New York, USA	Ferry	GR	-	-	1	Main rotorblade failure on start-up. Pilot appears to have forgotten to remove rotorblade which had been attached to tailboom.
07	HS-9HS	VH-BAD	Precision Helicopters	Glenrock Station, NSW, Australia	AWP	ER	-	3	3	Engine failure, landed on sloping ground. Helicopter rolled over.
08	47G38-KH4	VH-JKX	?	NE Glenavie Homestead, W Australia	Ferry	ER	1	-	1	Engine "sputtered and died", landed heavily from autorotation.
10	B206B	C-GBPS	Denendeh Helicopters	110km S of Coopermine, NWT, Canada	AWP	LR	-	-	5	Turning upwind for landing, speed decayed rapidly and helicopter bounced on touchdown, which was hard.
10	AS355F1 TwinStar	XB-DCX	Televisa	Mexico City, Mexico	AWS	MT	3	-	3	Helicopter crashed while reporting traffic conditions.
17	B206B3	N57536	Pumpkin Air	Gulf of Mexico, Nr West Cameron 575, USA	Ferry	TC	-	-	1	Vibration followed by bang. Helicopter began to spin, crashed into water and turned over.
17	R22 Beta	VH-BEJ	?	Brighton Downs Station, Queensland, Aust	Pvt	ER	1	-	1	Rotor hit tail in flight at high altitude and the aircraft broke up.
18	H369D	N8639F	Soddy Helicopters	35km W of Paxson, Alaska, USA	AWP	MP	-	-	2	Engine power decayed. Hard landing resulted in tailboom severance.
21	H369D	N1090S	Honolulu Fire Dept	Sacred Falls State Park, Hawaii, USA	AWR	MT	3	-	3	Crashed during manoeuvre in mountains in rain with gusting wind. Passengers were suspended below helicopter in a rescue basket.
21	OH-60A (369A)	N129BC	Bay County Sheriff	Panama City/Bay County Airport, FL, USA	CT	LP	-	-	2	Main rotor contacted tail during practice autorotative touchdown.
22	B206L3	N111JA	TO Ranch	Nr Songer, Texas, USA	Pvt	?	1	1	2	Crashed and burned on approach.
24	9a.10508	EC-OUZ	Ministerio Interior Direccion General de Policia	Ravelo, Saucis, Tenerife, Canary Isles, Spain	AWS	ER	-	-	3	During a forest-fire survey flight some fire debris appears to have caused engine damage. One engine failed, the other was not providing enough power to stay airborne, and the pilot began an emergency landing, but hit power cables on the approach to land.
25	Va-2	RA-23518	Abakan State Aviation	450km from Norilsk, Russia	AWP	LA	-	-	3	Birdstrike on main rotor during approach to land caused its failure. Aircraft crashed in water.

HELICOPTER SAFETY

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operator	Phase	Fatalities	Injuries	PDB	Circumstances
August										
01	B2068	CGTNZ	Trans North Turbo Air	130km SW of Dawson City, Yukon, Canada	AWP	MH	-	-	1	A passenger was being disembarked from right side door with helicopter in hover with skids touching soft ground. As passenger departed, helicopter rolled onto its left side and caught fire.
01	Mi-2	RA-14084	2nd Krasnodar Flight Unit	? Egypt	AWC	TI	-	-	1	Engine failure. The helicopter landed in paddy-field and turned over.
01	Mi-8	UR-24609	Kremenchug Flight College Nr Bozhaya Kahkhnovka, Ukraine		CT	MT	1	3	6	While moving slowly at 50m AGL with pilot looking for a suitable landing site, the helicopter's left engine failed. A very hard landing resulted in rollover and fire.
04	Mi-2	UN-14181	Aktubinsk Repair Factory	Golubov Favel, Akhazkistan	DNC	LR	-	-	2	Helicopter rolled on to left side during touchdown. Report blamed pilot.
08	Mi-17	RA-32894	Ulan-Ude Aircraft Prod.	Nr Kamensk, W of Ulan-Ude, Russia	Test	?	1	-	3?	Crash during test flight. Report verdict was pilot error.
10	B20683	VH-FHX	?	Ayers Rock Aerodrome, Australia	ONP	GR	-	-	-	A passenger preparing to board disregarded instructions and was killed by the tail rotor.
12	AS350D2	Corelli HB-XBT	Helimutt	Vorden Schaffberg, Nr Molis, Switzerland	Ferry	GR	1	-	1	One crewmember disembarked, the helicopter immediately became airborne, struck hillside and crashed.
14	SA330J Puma	RAM-13	SNSBS	Rapti River, Nr Shamsheergung, Nepal	AWS	ER	-	-	3	Pilot lost directional control. Helicopter crashed among trees.
14	B412	VH-HRS	?	Maitland, NSW, Australia	Test	ER	-	-	?	Vibration was followed by loss of power to the main rotor. Auto-rotation to a heavy landing.
16	Mi-8	RA-25331	Novosibirsk Prica	Nr Novosibirsk, Russia	Pvt	TI	-	-	14	Both engines failed, reportedly because of contaminated fuel. Rolled over following emergency touchdown.
17	H369HS	N9213F	Caribbean Fish Company	In Pacific, 300km W of American Samoa	AWS	MT	-	-	2	During fish-spotting flight from ship, pilot descended to investigate a floating object. Tail rotor was damaged and helicopter ditched.
17	B20683	VH-HRE	Jarow Helicopters	Chichester Range, E of Warrnambool, N Aust	AWP	LD	-	-	3	Engine mechanical failure followed by hard landing.
18	H369D	SHVEM	Deumme Helicopter	Liebzog, Germany	Ferry	GR	-	-	1	Severe vibration just after disembarking passengers with engine running. Pilot shut down engine, but damage was considerable.
18	B20683	N15915	Helicopter Transport	Nr Bingham, Maine, USA	AWC	LR	-	-	1	As the left skid touched landing point, the helicopter began to rotate right. Main rotors struck a tree and helicopter rolled over.
18	AS332B	E-463	Ecuadorian Army	Nr Coca, Ecuador	Pvt	ER	6	-	6	Helicopter crashed into forest with high rate of descent. There had been no distress call. There had been about 30min flight time since the main rotor transmission had been changed.
19	Mi-2	RA-20620	Nizhnedninsky Flight Unit	Nr Uzun, Russia	AWS	TI	1	-	5	Sudden change in windspeed and direction caused helicopter to rotate left and settle. Hit rocks on the shore and crashed into lake.
24	H369HS	OH-HIU	Cooker Action	20km SE Turku, Finland	Ferry	ER	1	-	1	Having departed Turku at night with good weather forecast, the pilot encountered low cloud and fog. The pilot realised that he was turning back, but the aircraft crashed.
25	Mi-8	RA-24424	Bratsk Aviation Enterprise	ER to Ust-Ilimsk, Russia	AWP	TI	1	-	17	Just after take-off, the helicopter was settled back, turned 90° left, dived right and hit the surface. It was carrying the passengers and 500kg of freighting equipment.
26	CH-54A Sky Crane	N64AR	Heavy Lift Helicopters	Nr Emigrant Gap, California, USA	LWE	TI	-	-	2	Uncontained failure of starboard engine compressor also damaged main rotor while lifting external load. Pilot released load and started emergency descent, but rotor hit trees.
27	B206L	N2070Z	St Louis Helicopter Airways	Mercy Hospital, Oklahoma City, USA	AWM	TI	-	-	4	Medevac helicopter had landed on the hospital rooftop helipad, but pilot was told to reposition to ground-level pad. Just after lift-off, there was a power loss and the helicopter made a hard touchdown in the parking lot. Weather good.
28	B205A1	C-GQLL	Southern Mountain	Nr Lillooet, British Columbia, Canada	AWC	ER	-	-	1	During logging, pilot reported loss of tail rotor power and made an emergency landing on a heavily wooded slope.
28	B20683	N206MT	Westwind Helicopters	Los Padres National Park, California, USA	AWC	MH	-	-	1	Hovering above a canyon with a 20m line extended, tail rotor hit tree and pilot made emergency landing among trees. Weather good.
28	B47G-3B1	VH-ANG	?	Allandale Station, Queensland, Australia	?	ER	-	-	?	Aircraft was being flown at 300ft at 70-100ft AGL, according to the pilot, when the engine failed and the helicopter struck trees and landed heavily. Inspection found no evidence of engine failure.
29	B206LL	N3886J	Helinet	Nr Jonesville, California, USA	AWS	MT	2	-	2	Hit power lines at 132ft AGL on the third and lowest pass along the Kern River canyon during air/ground filming. Weather good.
31	B2148	C-FVJE	Black Tusk Helicopter	SE of Squamish, British Columbia, Canada	AWC	MT	-	-	2	The crew had just lifted a log and was moving to forward flight when the log hit tree stumps. The helicopter began a rapidly amplifying vertical oscillation, and the pilot attempted to operate the electrical load-release but it did not work. The co-pilot released the load manually but the oscillations continued and the helicopter began to spin. The pilot set down hard and the aircraft rolled on to its side. The investigation found that there was no apparent defect, but noted that the collective-lever friction was set virtually to zero and the crew had been flying for 8h.
September										
08	H369D	N58338	Honolulu Fire Dept	Nr Pearl City, Hawaii, USA	Pvt	ER	-	-	1	While in the cruise the pilot felt a bump, then vibration through the torque pedals. The aircraft was rotating during the power-on emergency landing, touched down hard and broke up. Weather good.
09	B230	N232UM	Corporate Jets	Ann Arbor Airport, Michigan, USA	AWM	ER	-	-	3	Tail rotor and gearbox separated during cruising flight. Successful emergency landing at Ann Arbor Airport nevertheless achieved.
09	Mi-2	RA-23688	Rosto	Nr Krasnodar, Russia	AWS	LA	-	-	3	On approach to land, aircraft began to settle early and it touched down on soft ground and rolled over. Engine failure has been blamed.
10	B2068	N84TA	Trans Alaska Helicopters	Tadina Lake, Alaska, USA	AWR	MH	-	-	2	The pilot attempted an ad hoc rescue of a floatplane pilot whose aircraft had landed on the lake and turned over. The centre-of-gravity shift caused by the passenger's attempt to help the floatplane pilot aboard caused the helicopter's main rotor to strike the water. The helicopter then fell into the water and sank.
11	A109A II	N1WC	Hospital Air Transport	Off Bainbridge Island, Washington, USA	AWM	ER	3	-	3	Helicopter hit the sea when it was was flying low using VFR when conditions were fairly poor.
12	R22 Bora	VH-AW	?	Dynevor Downs, Queensland, Australia	AWH	MH	-	-	1	Helicopter was moving rearwards when the skid dug into the ground

HELICOPTER SAFETY

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operation	Phase	Failures	Injuries	POB	Circumstances
14	B-10SC	N650MS	Hermann Life Flight	Houston, Texas, USA	AWM	ER	-	-	3	and the helicopter rotor hit the surface. The aircraft turned over, and the helicopter rotor hit the surface. The aircraft turned over, and the helicopter rotor hit the surface. The aircraft turned over, and the helicopter rotor hit the surface.
15	R22	VHUXH	?	11.7km SSW Marble Bar Aerodrome, Western Australia	Pvt	LA	-	-	7	At about 100ft and 70kt the engine stopped. Air temperature was 38°C, the aircraft had been operating for 2h and fuel was low. Fuel vapourisation is suspected. Heavy landing from autorotation resulted in tail boom severance.
18	UH1L (204)	N70410	Mountain West	Nr Grace, Idaho, USA	AWE	MT	-	1	1	Engine failure while logging. Load released and autorotative landing, but touchdown was hard among trees.
19	B206LT	N700TH	Helistream	Lomas Ridge, Nr Irvine, USA	Ferry	ER	1	-	1	CFT. Helicopter hit a ridge at 1,250ft AMSL at night in IMC.
19	Two B690s	C-GT2M/ C-GKXF	Canadian Helicopters	110km E of Yellowknife, NWT, Canada	Ferry	ER	2/2	-	2/2	The two helicopters were probably flying in formation when they collided. Collision formation during the ferry flight back to their Yellowknife base would have been standard procedure. In this case it appears that, possibly because they were flying toward a low Sun in good visibility, the pilot of the rearmost helicopter lost distance perspective and started to overrun the leading one.
20	B206L1	N2777W	St Louis Helicopter Airways	Nr Warsaw, Illinois, USA	AWM	ER	-	-	3	Flew into ground en route to a road accident having inadvertently entered IMC at night when conditions were generally VMC.
22	B206B3	N2280N	Hill Construction	Sea off Culebra, Puerto Rico	Pvt	ER	-	3	4	Vibration followed by loss of directional control. Pilot autorotated for ditching, inflating flotation gear, but aircraft turned over. Weather good.
23	AS350B Ecureuil	N6099Z	American Eurocopter	Crater Lake, Oregon, USA	Pvt	ER	-	2	2	Helicopter struck surface of lake while low flying, turned and sank.
24	Vi-BT	RA-24553	Nonik Flight Unit	Nr Sterligov Cove, Russia	AWP	LA	15	-	15	On an approach in darkness and weather which was below the captain's approved minima, the aircraft hit ice surface about 500m short of its planned touchdown, broke through, and sank.
28	B206B3	N28S1	Sasolasi	Eagle Creek Airpark, Indianapolis, USA	Pvt	MH	-	-	2	Tail rotor reportedly hit ground in low hover. The helicopter struck ground and turned over.
28	H3690	VV4950	Osorodo Helicop	Vig airport, Matun, Venezuela	ONP	?	-	-	4	Engine failed immediately after take-off. Aircraft hit ground hard.
29	AS315B Alouette	OE-OXW	Helikopter Alpin Klaus	Nr Kuchl, Austria	AWP	?	-	-	2	Took off close to a transmission tower. Gusting wind caused the aircraft to hit the tower and crash.
October										
02	B212	C-GOKG	Canadian Helicopters	50km SE of Tukavik, NWT, Canada	AWE	ER	-	-	2	The pilot set down a heavy underslung load en route with the intention of returning for it having refuelled. The engineer manually disconnected the long line from the cargo, but, on take-off, the cargo hook unengaged and, when the line pulled taut, it flew up and destroyed the tail rotor and gearbox. The aircraft crashed and rolled over.
04	MH-3	EX-25179	Kirgistan Ala Zaskonu	Barskoon Pass, Fanniga, Kirgistan	ONP	ER	15	-	15	Hit valley side at 12,300ft in the Barskoon Pass. Aircraft had set out in VMC but encountered unforeseen IMC.
04	H369HS	ZH-HOV	Scobies Transport	Wyndham, South Island, New Zealand	Ferry	?	-	-	4	Foremagneto damage (FOD) caused compressor failure and the aircraft landed heavily. It was the aircraft's first flight for a long time and a possibility being examined is that the FOD may have been from a bird's nest in the intake.
08	MH-8	UN-24153	Burunday Awa	Nr Alma Ata, Kazakhstan	ONP	LA	1	17	18	Hit mountainside while attempting to land at a 10,800ft site on a sightseeing flight.
09	MH-2	UN-23415	Oshk Flight Enterprises	Nr Kustanav, Kazakhstan	AWP	LA	-	-	6	On short finals to land, a gust of wind destabilised the aircraft and it landed heavily with high forward speed, then rolled over.
11	H369HS	H9205F	Alex Air	Hana airport, Maui, Hawaii, USA	ONP	?	-	-	5	At about 100ft setting out on a sightseeing flight, the helicopter lost power. The pilot carried out an autorotative landing, but touchdown was hard and the main rotor severed the tail boom. The pilot reports a fuel-filter warning light during the descent.
13	B206B3	G-BPOR	Helicopter Training	Newtownards, Northern Ireland, UK	CT	MH	-	-	2	Overcontrolling in the hover the student pilot is reported to have been the cause of a rollover.
13	B206B3	YV-107CP	Aerotecnica	Nr Lagunillas, Venezuela	AWE	MH	1	-	1	While hovering with a slingload in mountains, cloud suddenly enveloped the aircraft, robbing the pilot of ground reference. Disorientation led to a crash.
14	SA315B	HC-BKV	Oracion General de Anacoan Chel	Nr Palmira, Ecuador	Pvt	ER	-	-	3	Severe vibration preceded heavy cyclic flight-control forces. The pilot set up for a precautionary landing, but lost control late in the approach and the landing was heavy. The flight was subject to some turbulence, and the landing site was at 8,500ft.
16	B206B2	C-GTWC	Canadian Helicopters	Adams Lake, BC, Canada	AWE	?	-	1	1	In forward-flight positioning to pick up a sling load, the long line snagged a tree. The helicopter went out of control and crashed.
17	MH-2	RA-20359	Kubanavkusuga	Nr Prokovo, Russia	Ferry	LA	-	-	3	Allegedly, this short flight was not authorised. While landing in a clearing in woods the helicopter's rate of descent increased, it touched down hard and rolled over.
19	AS350B Ecureuil	C-GVMS	Canadian Helicopters	45km SW of Canmore, Alberta, Canada	AWE	ER	-	1	1	During a slingload operation, the engine flamed out. The load was released and the pilot started autorotation, but failed to reach the chosen set-down point and hit the ground hard.
20	SA315B Alouette 202	Irish Air Corps		Lough Eske, Donegal, Ireland	AWR	MT	-	-	2	Flying low over the lake during a search-and-rescue mission, the helicopter struck the water and came to rest partially submerged.
20	OH-6A (369A)	N61865	US Border Patrol	Nr Imperial, California, USA	AWP	ER	-	-	1	Returning to base after a 4h 30min surveillance flight, the helicopter's engine flamed out and the pilot made a hard landing which severed the tail boom. Initial inspection revealed an empty fuel tank.
24	S-58ET	C-GHOG	Tundra Helicopters	160km N of Revelstoke, BC, Canada	AWE	LA	-	2	3	During the previous flight the pilot noticed high-frequency vibration through the helicopter and abandoned the operation. The engine was run at flight idle but an engineer could not locate the problem, and the tail area was then inspected, but no evidence of problems could be found, so the aircraft was put back on logging operations. Some time later, as power was increased for take, serious vibration started, the pilot jettisoned the load, and the tail-rotor assembly appeared to have broken up. The helicopter began to rotate, and it hit the ground.

HELICOPTER SAFETY

Date	Type	Registration	Operator	Location	Operation	Phase	Fatality	Injuries	POB	Circumstances
25	H269C	VH-LBP	?	130km NE Derby Aerodrome, W Australia	AWH	?	?	?	?	Engine failure at low level caused a very heavy landing and fire. It appears that the aircraft went out of control on a night IAC flight from Geelong to Houston Hobby Airport.
26	Bo.105S	N105AG	Associated Aircraft Group	N League City, Texas, USA	Ferry	ER	2	2	2	Approaching the helipad in squally conditions. Airspeed dropped and rate of descent increased. Despite a power increase, the helicopter touched down nose-up on the edge of the helipad with part of its gear off the edge. The aircraft tipped backwards and fell. Evidence suggests that the approach was carried out with a tailwind, but the helipad can be approached from only one direction.
29	Bo.105CB	PK-OKM	Gatari Air Service	Helipad, Waropko, Man Jayi, Indonesia	AWH	LA	-	-	2	Approaching the helipad in squally conditions. Airspeed dropped and rate of descent increased. Despite a power increase, the helicopter touched down nose-up on the edge of the helipad with part of its gear off the edge. The aircraft tipped backwards and fell. Evidence suggests that the approach was carried out with a tailwind, but the helipad can be approached from only one direction.
November										
03	M-2	RA-14221	Ankhangask Directorate	Nr Orenyanka, Naryn-Mar, Russia	ONP	LA	4	-	4	Inbound to an oil installation in daylight, pilot reported commencing an approach. The aircraft was then found to have hit the ground some 2km from the landing site.
08	H369E	VH-HML	Pvt	Turtle Cove, Queensland, Australia	Pvt	LA	-	-	?	Struck wires on approach. Safe landing, but main rotor damaged.
09	B206B3	C-GKKS	Canadian Helicopters	Pendleton, BC, Canada	CT	LA	-	-	2	During a practice engine-out auto-rotation the pilot allowed main rotor RPM to decay and the aircraft touched down very hard.
09	H369D	N58231	Trinity Helicopters	Nr On-etal, Michigan, USA	AWH	MH	-	-	1	While lifting external load the engine lost power. Touched down hard.
10	R22 Beta	VH-HLJ	Pvt	Kilcooney Station, Queensland, Australia	Ferry	?	?	?	?	Fatal accident caused by hitting a single 19,000V power line. Aircraft crashed and was destroyed by fire.
11	H369D	H33CN	Sacramento Sheriff's Dept	Mather AFB, California, USA	CT	LA	-	-	2	The crew was practising auto-rotations to a power-on recovery, but, during this descent, the pilots report a loud bang and no engine response. The aircraft touched down hard and rolled over.
14	R22 Beta	VH-JNA	?	Carse Ogoone Station, Q'land, Australia	AWH	MT	?	?	?	Fatal accident when the aircraft hit a power line across the top of a gawne. The cable cut the control rods at the base of the mast and the helicopter crashed nose-down.
18	A.109A	?	Italian Police	Proccia, Italy	AWH	LA	1	-	2	Landing in gusty conditions. A sheet from a hospital stretcher blew into the tail rotor. Control was lost, the main rotor hit the ground and the helicopter rolled over. One person on the ground was killed.
19	M-2	RA-20850	Ennisseyky Meridian	Krasnovarsk, Russia	AWH	LA	-	2	2	Aircraft ran out of fuel on approach to Krasnovarsk.
29	B412	9M-AWV	Sabon Air	In sea 50km off Labuan Island, Malaysia	ONP	ER	10	-	10	The helicopter crashed into the sea with no prior indication of trouble en route Kota Kinabalu and of platform 12 at Samarang. It was daylight and thunderstorms had been reported locally.
29	H369D	N840B	Trinity Helicopters	Nr Scott Mills, Oregon, USA	AWH	PI	-	-	1	The helicopter was flying up-slope with its line and load hook deployed to collect another load. The hook snagged on the juncture, flew up into the main rotor and then was thrown into the tail rotor, which it separated. The helicopter began to spin and touched down hard.
December										
03	AS350B	C-GNPU	Northern Mountain	Nr Anqui, Chile	AWH	GR	-	-	1	After landing and disembarking a fire crew, the pilot left the rotors turning at 100% RPM, locked the controls and got out to attach the firefighting bucket to the belly hook. Wind was gusting at 35-40kt. The helicopter began to tip backwards and then became airborne. The pilot came onto the right skid to board, but the helicopter rolled right and the rotors hit the ground.
03	VH-8T	RA-25518	Ikar Airlines	N Of Port Moresby, Papua New Guinea	ONP	LA	-	1	3	Crashed in mountainous terrain. 21K.
05	H369E	N16089	Haverfield	Nr Thebes, Louisiana, USA	AWH	MH	1	-	2	Hovering near transmission lines while work on them was being carried out from a platform. Pilot reported sudden unusual movement in the cyclic-control lever and, simultaneously, the helicopter began to move towards the lines. It finally hit the pole and crashed.
08	B222	D-HKSE	HDS	Nr Ghonnagen, Germany	Ferry	LA	3	-	3	Hit trees during night approach to Shonnagen airfield. Weather was poor, but helicopter was being operated under VFR on return from an emergency medical flight.
08	AS355P2	VV-O-PW9	Gobernacion	Teques, Miranda, Venezuela	Pvt	LA	-	-	2	Vibration started during good-weather daylight final approach to a helipad at Teques. Control became difficult and touchdown was hard.
09	M-8	RA-24293	Norfolk Flight Unit	Vorontsovo, NE of Norfolk, Russia	ONP	PI	1	18	20	Rotor-down snow disoriented the pilot and the aircraft drifted off the helipad and hit oil tanks.
11	SA315B Lama	N27387	Gold Kist	Nr Manning, S Carolina, USA	AWH	MT	-	-	1	Pilot reports that, while manoeuvring during in good weather, engine lost power. Auto-rotation was attempted, but aircraft hit trees.
12	570A Spirit	XA-SRT	Proctex	Villahermosa, Tabasco, Mexico	ONP	GR	-	-	-	After passenger disembarking, the pilot also disembarked, leaving the rotors turning. The helicopter momentarily became airborne and then rolled on to its side.
13	B205AL	C-GP40	Frontier Helicopters	Nr Stuxon, Victoria, Australia	Ferry	ER	1	-	1	Crashed en route in daylight. No emergency messages, but evidence suggests that the aircraft auto-rotated to impact.
17	M-8	RA-24276	Petrozavodsk Flight Unit	Lake Ladoga, Nr Helsinki, Russia	AWH	ER	2	-	3	The pilot elected to turn back on encountering bad weather but appears to have lost control at low level over the lake.
20	AS355N Twin Star H6-JOF	Hel-Lindh	?	Switzerland	AWH	PI	3	1	4	Hit power lines at night, but with bright street lights nearby after collecting a casualty from a road accident. Before the helicopter had arrived, the police had advised the crew of the power lines, and they had planned an approach from the south to avoid them. After 30min on the ground, however, the helicopter took off to the north.
20	H369D	N1108G	Evergreen Helicopters	Sanonchi River, Nr Seguela, Ivory Coast	AWH	MT	-	-	1	On a spraying flight, just after starting a turn, pilot heard the "engine-out" alarm, and started auto-rotation. Main rotors hit scrub just before touchdown, so landing was damagingly hard.
20	H369D	N8395F	Heavy Lift Helicopters	Nr Feather Falls, California, USA	AWH	ER	1	-	1	Evidence suggests that, during orbiting before picking up a load, the helicopter's rotor and/or tail rotor may have hit a nearby building or hillside. The helicopter had suddenly started pitching and shaking, and had entered a flat spin before crashing among trees.
20	B212	Y-SSM	Proteus?	Cartman, Mexico	ONP	LA	-	-	13	Double engine-power loss before landing. Fuel exhaustion suggested.
28	B412	PR-921	Forestry Aviation Office	In sea off Yosu, South Korea	AWH	?	-	2	2	Occurred while returning to base.