

出國報告 (出國類別：其它)

參加新加坡民航學院(SAA)與美國
FAA 合辦「客艙安全-抗撞適航」訓
練出國報告

服務機關：交通部民用航空局

姓名職稱：林日新技士

派赴國家：新加坡

出國期間：103.09.28- 103.10.04

報告日期：103.12.22

提要表

系統識別號：	C10303553					
計畫名稱：	飛機適航驗證訓練					
報告名稱：	參加新加坡民航學院(SAA)與美國FAA合辦「客艙安全-抗撞適航」訓練出國報告					
計畫主辦機關：	交通部民用航空局					
出國人員：	姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱
	林日新 交通部民用航空局 飛航標準組 技士 薦任(派) 聯絡人simon@mail.caa.gov.tw					
前往地區：	新加坡					
參訪機關：	新加坡民航學院(Singapore Aviation Academy-SAA)					
出國類別：	實習					
出國期間：	民國103年09月28日 至 民國103年10月04日					
報告日期：	民國103年12月22日					
關鍵詞：	客艙安全、航空器設計檢定、適航標準					
報告書頁數：	33頁					
報告內容摘要：	<p>提昇飛航安全最理想的方式除避免或消除飛機意外或失事發生外，也需由客艙安全角度思考，探討如何在意外不幸發生時仍能確保乘員平安無恙或儘可能減輕對乘員所造成之傷害。客艙安全所涵蓋課題主要可分為航空器設計(考慮硬體設計如何提昇客艙安全)及客艙作業(考量操作面之相關課題)兩大類。本次課程內容主要為航空器設計類之法規演進、符合方法等，討論考量當飛機因故迫降後；或飛航中發生突發狀況等異常狀況時，如何改善客艙之空間設計、結構強度、人員保護、防火等安全措施，以提昇機上乘員的安全保護與存活率，並使乘員可由飛機快速撤離及提供快速撤離所需時間等，以降低對乘員傷害與提高生還機會。</p>					
電子全文檔：	C10303553_01.pdf					
出國報告審核表：	C10303553_A.pdf					
限閱與否：	否					
專責人員姓名：						
專責人員電話：						

目 錄

壹、目的	1
貳、過程	
一、行程	2
二、去程駕駛艙航路查核	2
三、回程駕駛艙航路查核	2
四、訓練地點	3
五、課程安排	3
六、授課講師	3
七、課程內容	3
八、受訓學員簡介	4
參、受訓心得	
一、飛機客艙安全的探討範疇	5
二、FAA 客艙安全設計相關要求演進	6
三、民用航空器設計安全之評量標準-檢定基礎	10
四、客艙安全設計相關適航標準	15
五、客艙安全設計防火要求介紹	15
六、客艙安全設計-防火測試方法	18
七、人體承受度-飛機座椅抗撞強度要求(16G 座椅)	24
八、逃生要求-緊急脫離客艙逃生之 90 秒時限要求	27
九、逃生要求-逃生門配置	27
十、緊急設備	28
十一、客艙安全考量-發動機轉動件失效後包容	29
十二、耐燃及防火考量-飛機燃油系統抗撞要求\法規演進	30
肆、建議	33
附件、客艙安全設計適航標準要求整理-FAR 25 部 Subpart C, D, F & G	

壹、目的

為提昇我國民航局適航檢定人員之專業檢定技能、瞭解國際間適航法規之演進及修訂現況，並輔導國內民航工業發展，本局每年均派員參加歐美等民航先進國家民航主管機關或訓練機構所舉辦之飛機適航驗證訓練。

本年度選定之課程為美國聯邦航空總署(FAA)所舉辦之客艙安全-抗撞研討會(Cabin Safety Workshop- crashworthiness)，以期因應國內民航業者近年所衍生之飛機內裝改裝檢定實務需求。

貳、過程

一、行程

本次訓練行程計七日(含訓練課程五日及往返新加坡行程計二日)，詳如下表：

日期	地點	行程概述
103.09.28	桃園機場-新加坡	去程，CI-753 駕駛艙航路查核
103.09.29~10.03	新加坡	參加訓練
103.10.04	新加坡-桃園機場	回程，CI-754 駕駛艙航路查核

二、去程駕駛艙航路查核

103 年 9 月 28 日執行中華航空公司 CI-753 桃園至新加坡航班國際航線駕駛艙航路查核。

本航班使用空中巴士 A330-300 型航機，飛航組員分別為機長曾 O 錚及副駕駛吳 O 宇，飛航組員證照齊全，效期及個人裝備之備份眼鏡及手電筒合規定。

機上應具備文書：登記證、適航證、無線電台執照及營運規範等檢查正常。

抽檢各類手冊：版期及修訂檢查正常。

緊急與救生裝備：屆期日、壓力值及外觀檢查正常。

座艙資源管理：能充份溝通，並相互確認。

三、回程駕駛艙航路查核

103 年 10 月 4 日執行中華航空 CI-754 新加坡-桃園航班駕駛艙航路查核。

本航班使用空中巴士 A330-300 型機飛航，飛航組員分別為機長陸 O 強與副駕駛吳 O 華，證照齊全、效期及個人裝備之備份眼鏡及手電筒合規定。

經查該航班之操作飛行計畫、組員資格、航空器通訊導航裝備數量、跑道分析、載重平衡等資料，航機適航維護等均符合相關規定。

本次飛航組員飛行前檢查、提示、離場、飛機操控等均符合中華航空公司標準操作程序規範。

四、訓練地點

因美國航空總署(FAA)發函本局，說明本次訓練課程(飛機抗撞適航訓練)將於 103 年 9 月 28 日至 10 月 3 日與新加坡民航學院(Singapore Aviation Academy-SAA)合辦，訓練地點則改為新加坡。故於報部奉核後轉赴新加坡參與本次訓練課程。

新加坡民航學院創立於 1958 年，直屬新加坡民航局，為國際民航組織(ICAO)認可的安全督察培訓中心以及保安培訓中心。該學院目前已成為東亞地區航空器飛航安全管理與失事調查的權威訓練機構，提供各國政府及業界多項飛安及失事調查相關專業訓練。

五、課程安排

本次訓練場地皆以課堂簡報方式授課。本課程共計五天，自 103 年 9 月 29 日至 10 月 3 日。每天課程由上午八點開始至下午五點，每日中午 1200~1300 為午休時間。課程進行均採課堂簡報方式介紹各單元，並由學員隨時提出問題討論及進行實務工作經驗分享。

六、授課講師

本次授課講師計兩位，Mr. Alan Sinclair 及 Mr. John Shelden，目前均為美國 FAA 驗證單位(ACS-Aircraft Certification Service)下屬運輸類飛機區域(Transport Airplane Directorate)客艙安全標準部門(Cabin Safety Standards)成員。該兩位講師於進入 FAA 任職均曾於航空業界工作多年，工作經驗豐富。

七、課程內容

本次兩位講師所任職之 FAA 客艙安全標準部門主要負責工作為運輸類飛機客艙安全相關適航標準(主要為 FAR25, Subpart C, D 及 F)之修訂及指導文件(如民航通告-Advisory Circular、政策備忘錄-Policy Memo 等)之制訂工作，故本次訓練課程範圍係針對客艙安全相關適航標準，包含其涉及領域、法規條文、符合方法及因航空科技日新月異，目前所遭遇挑戰及可能之解決方法等。本次課程內容計分為以下十一單元：

第一天	簡介 (Introduction) 撞擊動力學 (Crash dynamics) 人體承受度 (Human tolerance)
第二天	耐燃與防火 (Flammability)
第三天	逃生與逃生系統 (Evacuation and escape system) 客艙配置 (Cabin arrangement)
第四天	緊急裝備 (Emergency equipment) 保安 (Security) 客艙安全相關特別議題 (Specific topics and recent guidance)
第五天	客艙內部符合檢查 (Interior walkthrough presentation) 飛機內裝回顧 (Review of airplane interior)

八、受訓學員簡介

本次參與本項訓練學員計二十六員，來至全球各地。因本次訓練係於新加坡舉行，故新加坡學員人數最多，計十四人，包括新加坡民航局七人、新加坡失事調查部門 (Air Accident Investigation Bureau) 學員三人、新加坡宇航 (Singapore Technologies Aerospace) 及 Jamco Singapore 分公司之設計部門各二人。另韓國四人 (驗證部門三人及韓航一人)、紐西蘭民航局二人，中國大陸二人及美國 Jamco America 二人，巴哈馬一人。

參訓學員職業則主要為業界工程師 (新加坡宇航、Jamco 美國及新加坡分公司、中國大陸 C919 設計部門)、政府部門 (失事調查、適航驗證及客艙安全檢查) 等。

參、受訓心得

一、飛機客艙安全的探討範疇

現今使用於大眾運輸之民航飛機由載客量眾多(以空中巴士 A380 飛機為例，最大載客量可達 800 人以上)，故如失事發生時每每造成生命、財產與經濟等各方面之重大損失。因此如何提昇飛航安全長久以來一直是民航主管機關、飛機製造廠家、航空公司及社會大眾共同關心的重要課題。提昇飛航安全最理想的方式是「失事預防」，亦即如何減少失事發生次數與降低失事率，避免或消除飛機意外或失事發生的可能性，但事實上全球每年平均仍有數百人死於飛航失事意外。因此除探討如何減少失事發生次數與降低失事率外，也需由客艙安全角度思考，探討如何在意外不幸發生時仍能確保乘員平安無恙或儘可能減輕對乘員所造成之傷害。

客艙安全所涉及範疇極為廣泛，目前航空界對其所包括的項目尚無一致的共識。如依加拿大運輸部(Transport Canada, TC)的定義，客艙安全為「包括機身之耐撞毀性(Crashworthiness)、客艙作業(Cabin Operation)、人為因素、心理、生理、人體工學及教育等範圍」。因此客艙安全相關的議題應包括：客艙安全設計(Cabin Safety Design)、內裝防火要求、客機動態衝擊(Dynamic Impact)、氧氣及空調系統、客艙緊急疏散(Emergency Evacuation)、客艙組員訓練、旅客行李規定、粗暴旅客之處理、乘客身心因素及教育等等。其中客艙安全設計包括緊急出口設計與數目配置、防火材料與測試、緊急照明、緊急出口的標記、座椅及安全帶、通道寬度、氧氣面罩、逃生滑梯、滅火器安全裝備等等。另根據 FAA 所列客艙安全相關議題則包括以下項目：客艙安全設計、客艙生還因素、客艙緊急疏散、空中緊急醫療程序、客艙粗暴旅客處理、隨身行李規定、幼兒安全設施、旅客電子用品使用規定、逃生門設計、旅客身心因素及教育、前後艙組員聯合訓練、組員輪值調動、組員訓練課程設計及意外事件調查等。我國對於客艙安全規定則大都依循美國 FAA 的規定，但另外加入部份航空保安與危險物品處理。

如前所述，客艙安全所涵蓋課題相當廣泛，但主要可分為兩大類，一為航空器設計裝備(Safety Design and Equipments)，主要考慮硬體設計如何提昇客艙安全。另一類則為客艙作業(Cabin Operation)類，考量操作面之相關課題，如組員訓練、組員疲勞、粗暴旅客處理、旅客身心因素及教育等等客艙安全管理、組員訓練等。由於本次課程兩位授課講師主要負責工作為運輸類飛機客艙設計相關適航標準(主要為

FAR 25, Subpart C, D 及 F)之修訂，因此課程規劃主要為針對運輸類飛機之客艙構型設計進行說明及討論，如相關適航標準等法規演進、符合方法描述及目前之客艙安全設計遭遇之挑戰等，故仍屬工程設計驗證範圍。客艙作業程序則不在本次課程討論範圍內。

課程主要討論考量當飛機因故迫降後；或飛航中發生突發狀況(如遭遇亂流、火警、艙壓異常降低等)等兩種異常狀況發生時，如何改善客艙之空間設計、結構強度、人員保護、防火等安全措施，以提昇機上乘員的安全保護與存活率，並使乘員可由飛機快速撤離及確保可提供乘員由飛機快速撤離所需時間等，以降低對乘員傷害與提高生還機會。這兩種情況所評估之項目則分別包括：

(一) 飛機迫降後評估項目：

首先考量機身的耐受力、乘員免於傷害的保護與人體承受的極限；其次是航空器內部結構的適當性(含座椅設計、廚房規畫、櫥櫃及座椅上方置物櫃之適切性、緊急出口規格與性能、逃生滑梯性能、整體客艙內部配置、作業程序、滅火系統的有效性、延燒的防護、逃生系統的耐燃性及水上迫降後增長浮水時間等)，期能讓乘員快速由飛機安全的脫離，同時藉由飛機的設計、製造、驗證和材料的使用，可為機內乘員爭取較多脫離飛機的時間。

(二) 飛航中突發狀況評估項目：

飛航時之考量情況包括遭遇亂流(考量客艙之整體區域設計、配置及操作程序之制訂，以提供機內乘員保護)、艙壓發生失壓(如何提供乘客保護及氧氣，以免受失壓影響)、火警防護(含設計、耐火材料的使用與測試、緊急裝備之設計與配置，及強制程序之訂定等)、緊急醫療(含裝備與使用程序)等。

二、FAA 客艙安全設計相關要求演進

FAA 自 1980 年代起已對於客艙安全設計之法規要求進行多次修訂，以期提昇其安全性，其主要修訂內容依據材料使用之區域(參見圖 1)可簡述如下：

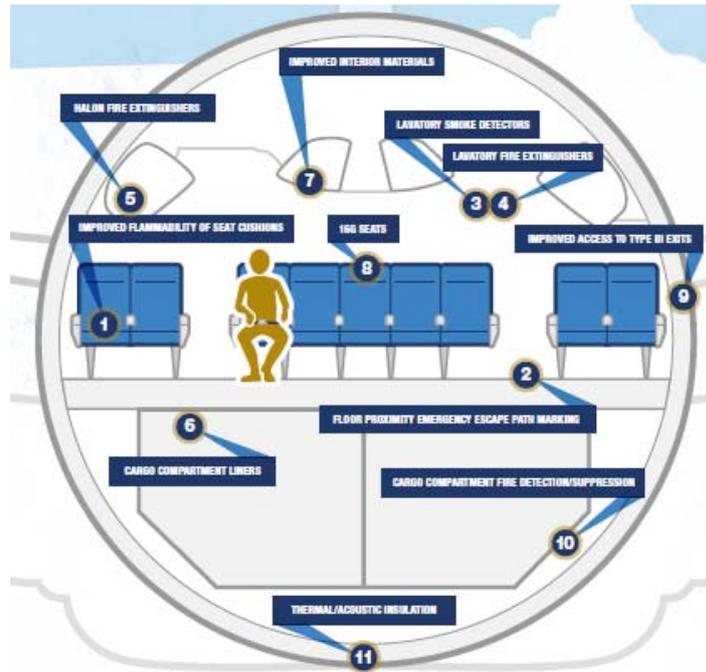


圖 1、FAA 客艙安全設計要求演進示意圖

(一) 提高飛機座椅座墊耐燃標準要求

FAA 要求自 1984 年 10 月起乘客和空服組員之座椅座墊需符合更嚴格的耐燃測試標準，運輸類飛機需以煤油耗油率 2 加侖/每小時之燃燒器(burner)進行之耐燃測試。該規定適用於所有新申請之運輸飛機檢定案，也適用於先前已完成檢定但於 1987 年 11 月後製造之所有運輸類飛機。受影響美國國籍飛機共計因而更換了 65 萬張以上座椅座墊。之後之服役紀錄則證明，使用新材料之座椅座墊具有更佳的耐燃性，可延緩燃燒時間達 40~60 秒，所以也提供了更多寶貴的疏散時間。目前美國國籍飛機上所有座椅均符合提昇後之耐燃標準。國際間航空界目前也已採用相同的耐燃標準要求。

(二) 要求客艙地板加裝近地照明系統

飛機客艙內如發生火災或產生煙霧，可能會影響客艙位於上方天花板燈具之照明功能，進而影響乘客辨識逃生方向、路線及出口位置。因此；在客艙地板加裝近地照明系統(floor proximity lighting system)可協助乘客辨識逃生路線及逃生出口。依據 FAA 之研究顯示，當客艙內濃煙密佈時，如於地板上加裝近地照明系統乘員疏散速度估計可增快 20%。因此 FAA 要求 19 人座以上之大型運輸類飛機於 1986 年前需完成客艙地板近地照明系統之加裝作業。目前客艙地板加裝近地照明系統已成為國際間航空界客艙設計之通用要求。

(三) 客艙廁所安裝煙霧探測器

FAA 要求航空公司自 1986 年起，需在運輸類飛機客艙之廁所中安裝煙霧探測器。

(四) 客艙廁所安裝自動滅火器

FAA 並要求自 1987 年起所有飛機的洗手間廢紙箱中需安裝自動滅火器。

(五) 加裝便攜式海龍滅火器

自 1986 年 FAA 要求除法規所要求之其他型式滅火器外，所有的商用飛機需加裝便攜式海龍滅火器，每架飛機至少需配置兩具。

(六) 提昇貨艙及行李艙燃燒測試要求

1986 年，FAA 提出新的燃燒測試標準，以提昇 C 類和 D 類貨艙及行李艙內之防火安全性。該測試標準對於其天花板及隔間襯墊(liner)訂立了新的抗燒穿(burn through resistance)測試標準。

現有機隊天花板及隔間襯墊必須符合新的燃燒測試標準。這項條規定變更大幅提昇了隔間襯墊材料的耐燃性，並已證明可有效延緩貨艙內火勢延燒至貨艙外，因此提供貨艙內之滅火劑有更充裕的時間可以將火勢撲滅。隨後 FAA 並禁止 D 類貨艙再安裝於載客飛機上。

(七) 增加內裝材料防火要求

針對客艙內大面積的面板，如天花板，牆壁，廚房，頭頂置物艙和客艙隔間(partition)等材料，FAA 於 1985 年訂定了新的燃燒及熱傳遞測試標準。目的是為延後客艙內火勢閃點閃燃(flashover)的發生時間，以提供乘客和機組人員更多的時間在事故發生後撤離飛機。閃點之定義為火災期間，火勢會由小逐漸變大，但至某一時間點火勢會突然迅速變大，致人類無法生存，此時間點即閃點。FAA 並要求所有商用飛機所使用上述材料滿足所設立之散熱要求。

1988 年，對於上述面板所使用材料，FAA 也新增符合煙霧排放測試標準。雖然對現有營運中機隊並無影響(未要求回溯)，但 FAA 要求現有機隊進行客艙改裝時應採用通過煙霧排放測試的新材料。

提昇耐燃性之機艙材料已證明可有效延遲閃燃時間。

(八) 安裝 16 G 座椅

FAA 於 1988 年要求所有新開發的運輸類飛機需使用可承受向前 16G 動態測試之航空座椅。進行動態測試時需使用與汽車碰撞測試時類似的測試假人 (dummy)，並評估對乘員可能造成之傷害，並提供可能的保護措施。在這項新的規定公布前，航空座椅僅需符合靜態之 9G 測試標準，且無乘員傷害保護相關適航要求，故 1988 年前通過檢定之運輸類飛機，如波音 747-400 航機其使用之座椅即僅要求符合靜態之 9G 測試標準。但 FAA 於 2005 年於運輸類飛機營運法規(Part 121)新增要求，要求 1958 年之後通過檢定，但於 2009 年 10 月以後生產的運輸類飛機其座椅均需採用機承受 16G 動態測試之航空座椅。FAA 對側面向座椅(side facing seat)也將頒布新的適航標準。

(九) TYPE III 逃生門逃生通道寬度提昇

FAA 於 1994 年，對於載客數 60 人以上之運輸類飛機訂定了通往 TYPE III 逃生門逃生通道之最低通道寬度要求。TYPE III 型逃生門通常位於飛機中段機身兩側機翼上方位置，故其門檻往往高於機艙地板高度。目前仍普遍配置於營運中之中小型飛機，如波音 B727、B737 和空中巴士 A320 等飛機上。營運經驗也發現提高最低通道寬度之 TYPE III 型逃生門其乘員疏散速度可增加約 14%。

(十) 貨艙中安裝火警探測和滅火系統

1998 年，FAA 要求所有大型客機於 2001 年 3 月前在所有貨艙中安裝火警探測和滅火系統，這一要求適用於所有營運中及新生產之飛機。

(十一) 機身隔熱層及絕緣層防火性提昇

2000 年 FAA 開始要求大型航空公司其機隊更換防火性較佳之機身隔熱層。FAA 也發展出新的測試標準，要求提高機身蒙皮內部所安裝絕緣層對於來至飛機外部火源之耐燃性，以保護機艙內部乘員。2003 年起 FAA 將這兩種測試標準納為未來申請檢定飛機機型的防火要求，並要求新生產的飛機也必須符合此項要求。生效時間分別為 2005 及 2007 年。

由於客艙安全設計所涵蓋範圍極廣，因此以下本報告僅以與職工作相關部份擇要進行心得報告。

三、民用航空器設計安全之評量標準-檢定基礎(Certification Basis)

民用航空器其設計必需在通過型別檢定(Type certification)取得設計核可，證明其設計是安全的，方可進行製造及銷售。民航主管機關在判斷航空器設計之安全性時會首先建立所謂之檢定基礎，包括適用之適航標準、環境噪音及排放物要求及其版次(Amendment)、特殊條件(Special Conditions)、等效安全條款(Equivalent Safety Findings)及豁免條款(Exemption)等，做為判斷是否安全之依據。檢定基礎之各分項簡述如下：

(一) 適航標準(Airworthiness Standards)

適航標準係指進行民用航空產品設計之適航安全要求。雖然芝加哥公約附約六、八已經將航空器的安全規範及營運要求進行定義，但它基本上仍屬一般性的約定，各簽約國根據此規定再重新制定本國的適航標準或是營運規定。目前國際上通用之適航標準主要分為兩類，一為美國 FAA 所公佈之美國聯邦民航法規系統(FAR-Federal Aviation Regulations)，另一為 EASA 歐洲航空安全署(EASA European Aviation Safety Agency)所公佈之驗證規範(Certification Specification，簡稱 CS)。美國航空工業發達，民航法規及標準歷史悠久，自 1920 年代起即開始逐步擬訂，發展迄今已建立一套完整且詳盡之法規體系。EASA CS 前身則為原歐洲航空署(JAA-Joint Aviation Authorities)所公佈之歐盟民航法規系統(JAR-Joint Aviation Regulations)，為歐洲各國為聯合發展協和式客機(Concorde)並擺脫美國束縛而自 1970 年開始逐步建立。自 2003 年 9 月歐盟(EU-European Union)成立 EASA 後，已逐步取代 JAA 及歐洲各國民航局功能，EASA 則發布 EASA CS 取代 JAR 做為歐盟會員國未來執行航空產品檢定之檢定標準。

FAR 與 EASA CS 兩種適航法規/標準雖然約有 95%要求相同，但仍有部份差異，長期以來業界一直催促 FAA 及 JAA/EASA 能協調出單一的國際適航法規制度供業界遵循。自 1983 年開始，FAA 及 JAA/EASA 每年均舉行為期一週之法規協調會議(FAA/JAA Harmonization Meeting)，由雙方輪流主辦，就法規及標準差異部份及修訂方式進行討論，以期法規及標準之一致化。我國目前每年均獲邀請派員參與此項法規協調會議。

本次上課因由 FAA 主辦，故課程中皆以 FAR 中所述及適航標準進行說明。故本報告即對 FAA 所訂定適航標準進行簡述。FAA 所訂定適航標準屬於聯邦法

規第十四卷(Title 14)之航空與太空(Aeronautical and space)之一部份。聯邦法規第十四卷計分為三章(Chapter)及五冊(volume)，第一章包含第一至第三冊，訂定了民航運輸相關規定，一般均以 FAR 簡稱之。第四及第五冊則為分別為美國運輸部(DOT)及航空及太空總署(NASA)相關規定(如圖 2 所示)。

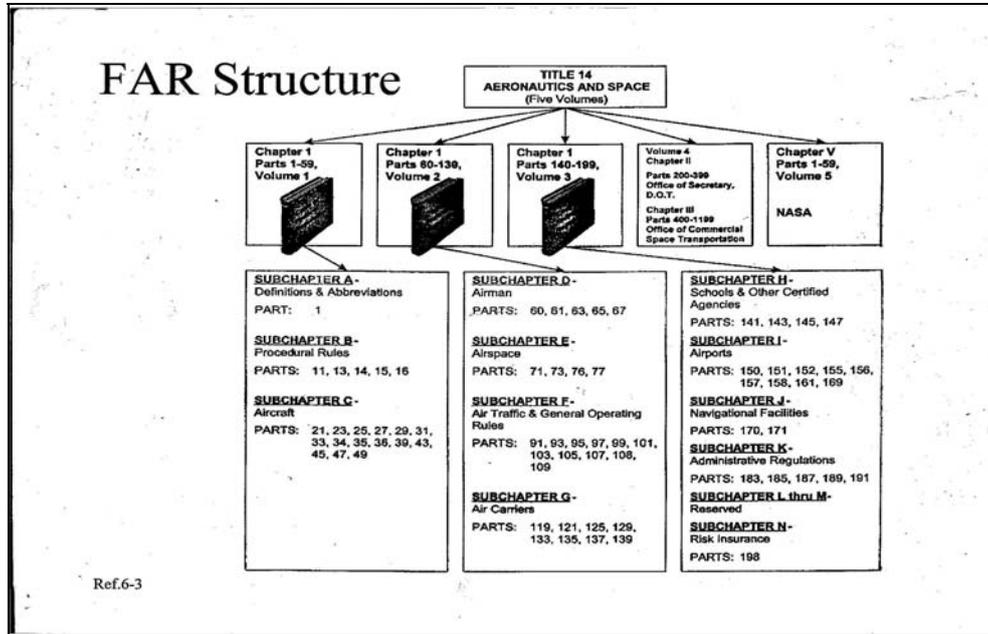


圖 2、美國聯邦法規第十四卷(航空及太空)法規結構示意圖

FAA 所訂定之適航標準係列於 FAR 第一章(Chapter 1)之第三分章(Subchapter C)中，包括：

Part 23-小型飛機適航標準

Part 25-中大型飛機適航標準

Part 27-小型直昇機適航標準

Part 29-大型飛機適航標準

Part 31-載人汽球適航標準

Part 33-發動機適航標準

Part 34-航空發動機污染排放標準

Part 35-螺旋槳適航標準

Part 36-航空器噪音限制要求

其中 Part 23、25、27 及 29 為針對航空器本體設計之適航要求，除在各部後並依需要附有若干附錄(Appendix)外，各部並再細分為下列分部(Subpart)：

Subpart A-總則(General)

Subpart B-飛行性能(Flight)

Subpart C-結構(Structure)

Subpart D-設計與構造(Design & Construction)

Subpart E-發動機安裝(Engine Installation)

Subpart F-裝備(Equipment)

Subpart G-操作限制及資料(Operation Limitation & Information)

(二) 適用適航標準版別(Airworthiness Amendment Level)

如前所述，適航標準係指航空器產品設計所需符合之安全、環保、可靠度等等要求。由於航空科技日新月異，現有的法規常常無法完全適用，而各種飛安事件及為促進 FAA 及 EASA CS 適航標準的一致等因素皆促使 FAA 常常不定期修訂適航標準。FAA 修訂法規前會首先在聯邦政府公告(FR-Federal Register)中提出修訂建議(NPRM-Notice of Proposed Rule Making)，並邀請航太業界提出修訂意見，參考蒐集之意見並進行必要之修正後在聯邦政府公告進行適航標準的正式發佈。每一次的修訂(Amendment)皆加以編號以茲區別，第一次為 Amdt 1，第二次為 Amdt 2，以此類推。以運輸類飛機適用之適航標準 PART 25 為例，自 1965 年發布迄今已進行 139 次修訂，最新修訂日期為 2014 年 12 月 1 日，修訂編號為 Amdt. 25-139。

(三) 適用適航標準版別法規修訂

適航標準修訂公佈後，依據 FAR 21.27 之規定，適用於生效日之後所提出之新檢定申請案，以運輸類飛機型別檢定(Type Certification-TC)案為例，若於 2014 年 12 月前提出申請，適用之適航標準版次為 FAR25, Amdt.25-1~25-138。之後提出之 TC 申請案，如 FAR25 尚未再進行後續修訂，則該 TC 檢定案適用之適航標準版次為 FAR25, Amdt.25-1~25-139。

對於已通過檢定航空器產品之修改檢定申請案(如補充型別檢定-STC、型別檢定修訂-Amendment of TC)，則可適用於原先之適航標準版次，但 FAA 也保留要求申請者符合較新版次適航標準之權利(FAR 21.17)，以確保安全。

由於全新民航航空器的開發耗費極大，因此目前全新 TC 申請案愈來愈少，主要為設計修改檢定案。新版的適航標準往往加入更嚴苛的安全要求，申請者為證明其航空器設計之符合性，往往也需投入較高的檢定成本。雖然 FAA 同

意採用舊版本 FAR 的原因仍不清楚，但對申請者而言，卻得到降低成本及加速檢定進度的好處。成本的降低相對地也提昇了產品的競爭力。美國成立歷史較長的航空器產品製造商偏好儘量將產品納入同一張 TC 內(如波音之 747 系列飛機均納入同一 TC 內)，爭取 FAA 同意部份適航標準適用舊版，從而降低成本及加速檢定進度應為重要考量之一。

但航空器產品進行設計修改檢定時仍可適用較早適航標準版次的方式卻屢有爭議。為確保安全，FAA 於 2000 年修訂相關之適航法規 FAR21.19-新 TC 之申請、FAR21.101-適用適航標準及 21.115-STC 申請(FAR21, Amdt.21-77)及適航標準 FAR25.2(FAR 25, Amdt.25-99)等相關條文。其主要修訂內容為明定運輸(Transport)類等航空器在進行設計修改檢定案時，所適用之適航標準除非符合特定條件，否則原則上必需依據最新版次 FAR，本項法規修訂已於 2003 年 7 月 10 日正式生效。

這項遊戲規則修訂與以往法規要求最大的差異為；先前進行設計修改檢定案時同意申請者可選擇是否採用原進行 TC 時之所適用較舊版本適航標準，再由 FAA 決定是否需符合之新版 FAR 及所須符合之新版適航標準項目。但新的法規於 2003 年 7 月生效後，設計修改檢定案原則上應將提出申請時之最新版 FAR 修訂版納為檢定標準，申請者如有需求，須再由向 FAA 提出申請，證明原航空器申請 TC 檢定之後那些適航標準修訂版次為非顯著(non-significant)，因此可適用於舊版條款。換言之，FAA 由主動提出需符合之新版適航標準要求改為被動審查申請者之符合舊版標準申請。這項遊戲規則的改變可說相當巨大，對歷史悠久的大型飛機製造商而言，在進行飛機改型時勢增加了許多檢定成本。

(四) 特殊條件(Special Conditions)及豁免條款(Exemption)及等效安全(Equivalence of Safety)

由於適航標準的修訂往往需要經過冗長的立法程序，而科技的進步日新月異，如複合材料之使用、飛行車之研發等等，使適航標準的修訂常常無法完全滿足實際要求。因此為確保航空器設計的安全性，當申請檢定之航空產品具有某些新穎的或獨特的設計時，各國適航當局會提出補充的額外適航要求，以補現行適航標準不足，這些額外增加的安全要求稱為特殊條件 (Special Conditions，簡稱 SC)。基本上特殊條件所規定的安全要求、營運要求和環境

要求應具有與現行適航標準等效的安全水準。

豁免條款(Exemption)則是由申請者向民航主管機關所提出並獲其同意；對於某些不適用適航標準條款所提出之豁免要求。

其次；等效安全(Equivalence of Safety)條款也是由申請者向民航主管機關所提出，當申請之航空產品無法符合某項適航標準或法規要求時，而採用其它適航當局同意的裝置或方法，如增加保護裝置、降低失效機率、增加備份裝備等等，以確保安全。

圖 3. FAA 所核發 MD90 飛機型別檢定證(TC)

(五) 型別檢定證(Type Certificate)與型別檢定證數據範表(Type Certificate Data Sheet)

各型航空產品於完成檢定並判定符合所訂定之檢定基礎後，設計國民航主管機關會核發型別檢定證，檢定基礎則會納入與型別檢定證(Type Certificate)一併核發之型別檢定證數據範表(Type Certificate Data Sheet)中。圖 3 及圖 4 分別為 FAA 所核發 MD90 飛機 TC 及型 TCDS(僅摘錄檢定基礎部份)，該型航機我

國立榮航空目前仍持續使用中。

69 of 80		A6WE
Certification Basis		
Model MD-90-30		
The type certification basis for the MD-90-30 Model airplane is Federal Aviation Regulations Part 25, effective February 1, 1965, as amended by Amendments 25-1 through 25-70 except as indicated below:		
SECTION	THRU AMENDMENT 25-XX	
25.109(a)	(*)	
25.251(d)	22 (**)	
25.561(b)(3)(iii)	63	
25.562(a), (c)(1), (c)(3), (c)(5), & (c)(6)	63 (**)	
25.571(e)(1)	44 (**)	
25.607	22	
25.631	22 (**)	
25.699(a)	22	
25.701	22	
25.777(c)	45	
25.783	53	
25.807(c)	31	
25.809(b) & (f)(1)(G)	31	
25.809(f)(1)(v)	45 (**)	
25.979	10	
25.1309	22 (***)	
25.1401(b) & (f)	26	
(*)	Compliance with Amendment 25-42 as modified by the proposed requirements developed from results of FAA/JAA harmonization.	
(**)	Requirements of this section have been added to FAR Part 25 by amendment since the original type certification basis and are not applicable to this type design. See NOTE 8 for additional Seats and Stowable Berth information.	
(***)	Compliance as defined in McDonnell Douglas Report MDC-K4925 where some equipment installations and equipment comply with §25.1309 as amended by Amendment 25-22 and others comply with §25.1309 as amended through Amendment 25-41.	
The Special Conditions applying to the Model MD-90-30 are as follows:		
(1)	Special Conditions No. 25-95-WE-27 Airframe "Hydraulic System Failure" is applicable. Powerplant "In-Flight Thrust Reversal" is applicable. Flight Test "Environmental Flight Testing" is not required since FAR 25.253(a)(2)(iii) Amendment 54 incorporates its intent.	
(2)	Special Condition, No. 25-88-WE-25, "Automatic Takeoff Thrust Control System" is not required since "Automatic Reserve Thrust Control System" (ARTS) is deleted.	
(3)	Special Condition No. 25-ANM-26 "Windshear" is applicable.	
(4)	Special Condition No. 25-ANM-15 "Lightning Protection for New Electronic Systems" is applicable.	
A Special Condition on High Intensity Radiated Fields (HIRF)		
(S.C. No. 25-ANM-60) is required as indicated in Issue Paper G-4, Stage 2.		

圖 4. FAA 核發 MD90 飛機型別檢定證據範表(摘錄檢定基礎部份)

四、客艙安全設計相關適航標準

客艙安全設計之相關適航規定非常繁雜，並且散佈於法規各處，但主要仍針對大型運輸用航空器進行規範。如前所述；國際間目前適用於運輸類飛機之適航標準主要為 FAR 25 及 EASA CS 25。附錄一即依據本次課程教材所整理出 FAR 25 中所律定與中客艙安全相關之適航標準要求，主要分布於 FAR 25 第 C, D, F, 及 G 分部中。另 FAR 23 部亦已納入部份客艙設計安全要求。

五、客艙安全設計防火要求介紹

飛機機艙內裝之材料種類繁多，行李艙內有各種的易燃物品，機翼及中油箱內則存放了數以千加崙的引擎燃油，因此如何避免空中著火發生的機會及地面著火時，讓乘客有足夠的時間逃出飛機，是執行飛機型別檢定的重點要求之一。以往之空難失事調查結果也顯示，撞擊後所引起火勢及煙毒是最重要的致命因素之一，燃油洩漏造成之飛機內裝材料燃燒則可能為起火的主要肇因，因此 FAA 近來對飛機防火要求也不斷的進行修訂，除增加燃油系統之抗撞能力要求，以儘可能降低事故之起火

機率外，對客艙內各種材料的防火及煙毒測試要求，近幾年來也更趨嚴格。FAA 自 1967 年至今已對於 FAR 25 客艙材料的防火要求已進行 9 次修訂，如圖 5 所示。

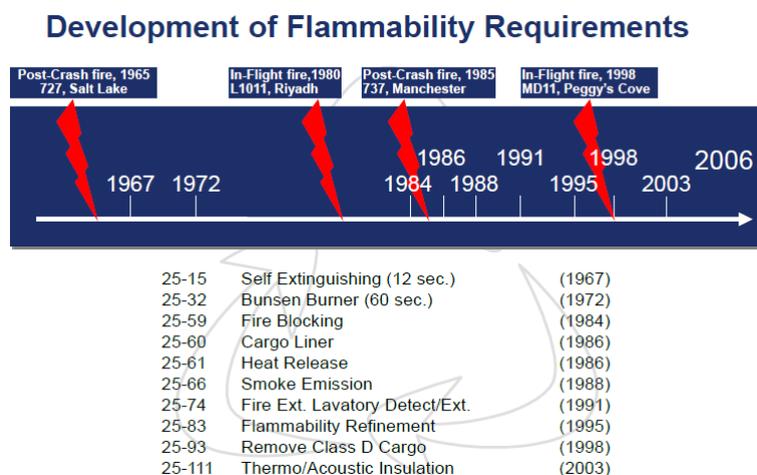


圖 5. FAR 25 防火要求法規演進

FAA 對於航空器內裝材料防火要求目前仍主要訂定於 FAR 25.853-飛機內部材料的防火保護(Fire Protection for compartment interior)－阻燃防火測試為主，其要求如下：

- (a) 所有機上材料(包括製成品或材料表面的裝飾層)必須符合 FAR 25 附錄 F 第 I 部分中規定的適用測試準則或其它經核准的等效方法。
- (b) 座椅墊(不含機組人員座椅墊)除須滿足上述要求外，還必須滿足附錄 F 第 II 部分或等效的測試要求。
- (c) 最大載乘數為 20(含)人以上的飛機，其內部天花板和壁板(不含燈罩及窗戶)、隔板、廚房外壁、大櫥櫃和儲存間(不包含座椅下的貯存箱和貯存雜誌與地圖類小物件的箱子)，除了必須符合本節(a)規定的耐燃要求外，還必須符合本部附錄 F 第 IV 和第 V 部分或其它經核准的等效方法之測試要求。
- (d) 駕駛艙、廚房、廁所、組員休息區、大櫥櫃和儲存間內部，如於飛機緊急落地時其門在保持關閉狀態並與客艙隔絕，則不用符合(c)節之要求。
- (e) 廁所內禁止吸煙。如果任何機組或旅客艙內允許吸煙，則要為所有坐著的乘員或乘客提供足夠數量的可拆一體式煙灰盒。
- (f) 無論飛機上任何其它部分是否允許吸煙，在每一廁所門旁或其附近醒目處必須裝有可拆一體式煙灰盒。但是如果能夠從每個要使用同一煙灰盒的廁所靠座艙一側容易地看到該煙灰盒，則這個煙灰盒可供幾個廁所門共用。
- (g) 用作收集可燃廢棄物的廢物箱必須是完全封閉的，並用至少為防火的材料來製造，而且必須能包容在正常使用的條件下當其內部可能出現火焰時不讓其竄

出。廢物箱在使用中預期可能有的各種磨損、未就位和通風情況下，其不讓火焰竄出的能力必須用測試來證實。

FAR 25.853 所述及之 FAR 25 附錄 F 計分為七部，以羅馬數字 I~VII 編號，對使用於飛機上之航空材料，依其使用位置，詳細說明所需進行之燃燒及煙霧測試的方法及程序，包含下列各項：

- I. 本生燈測試
- II. 座椅坐墊耐燃測試
- III. 貨艙襯墊抗燒穿測試
- IV. 內裝熱釋放測試(20 人以上飛機)
- V. 內裝濃煙測試(20 人以上飛機)
- VI. 隔熱/隔材料耐燃測試
- VII. 隔熱/隔材料抗燒穿測試

為協助航空業界對於相關防火要求之瞭解及加速檢定進度，FAA 並發佈防火測試手冊(Fire Test Handbook)說明 FAR 25 Appendix F 中各項測試規定之測試程序及方法。業界當然也可以用自己發展之測試方法及程序以證明符合 FAR 防火規定，但通常要證明與 Fire Test Handbook 中之方法等效。FAA 防火測試手冊目前已發展為 25 章(參見 <http://www.fire.tc.faa.gov/handbook.stm>)，該手冊之內容包括：

- 第 1 章 貨艙及客艙材料垂直本生燈(Bunsen)燃燒測試
- 第 2 章 貨艙隔板及廢棄物儲放區材料 45 度本生燈燃燒測試
- 第 3 章 貨艙及客艙及其他材料水平本生燈燃燒測試
- 第 4 章 線束 60 度本生燈燃燒測試
- 第 5 章 客艙材料熱釋放率(Heat Release Rate)測試
- 第 6 章 客艙材料煙濃度(Smoke)測試
- 第 7 章 座椅墊油槍(Oil Burner)測試
- 第 8 章 貨艙隔板油槍測試
- 第 9 章 逃生滑梯、逃生艇輻射熱(Radiant Heat)測試
- 第 10 章 廢棄物儲放區火焰包容性(Fire Containment)測試
- 第 11 章 發動機管線組合作件測試
- 第 12 章 發動機火焰穿透(Fire Penetration)測試
- 第 13 章 防火牆電器接頭測試

- 第 14 章 指定的燃燒區域電器用線束測試
- 第 15 章 修理後之貨艙隔板油槍測試
- 第 18 章 飛機毛毯水平燃燒測試
- 第 19 章 線束絕緣材料煙濃度測試
- 第 20 章 Dry Arc Tracking 測試程序
- 第 21 章 Dry Arc-Propagation Resistance
- 第 22 章 隔熱隔音毯棉紗測試
- 第 23 章 隔熱隔音材料抗耐燃測試
- 第 24 章 隔熱隔音材料燒穿測試
- 第 25 章 鎂合金座椅結構油槍測試

除了 FAR 25.853 基本要求外，FAR 25.854~25.869 對於廁所、貨艙、警報系統、燃油引擎系統等等有更詳細的防火規定。

六、客艙安全設計-防火測試方法

FAR 25.853 所述飛機材料防火測試方法主要包括：12 及 60 秒垂直燃燒測試、水平/45 度/60 度燃燒測試、油槍燃燒測試、熱釋放速率測試及煙霧測試等等。簡介如下：

(一) 12/60 秒垂直燃燒測試

本項燃燒測試可說是飛機材料燃燒測試中最基本之測試項目，幾乎每種基本材料之測試都適用。依據 FAR 25.853 規定，須用本生燈測試飛機客艙及貨艙材料(如椅布、地毯、天花板、隔艙板等)之耐燃性。其中椅布、地毯等紡織品需執行 12 秒本生燈垂直燃燒測試。天花板、隔艙板等則需執行 60 秒本生燈垂直火焰燃燒測試。

垂直燃燒測試之材料樣本需為固定尺寸(12 英吋 X2 英吋)，測試前測試樣本須於特定溫度及相對濕度的環境下靜置 24 小時以上(一般業界均採用恆溫恆溼箱進行測試前存放作業)後方可進行。測試進行時本生燈火焰施加在樣本下端中心線上(如圖 6 所示)，火焰施加 12 或 60 秒後移開。記錄焰燃時間、燒焦長度和滴落物焰燃(drip flame)時間。

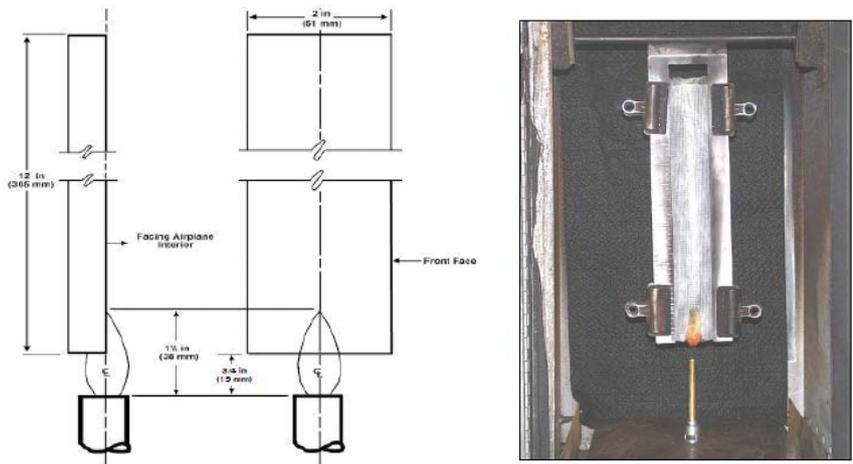


圖 6. 12/60 秒垂直燃燒測試火焰位置及測試進行示意圖

垂直燃燒測試結果需符合以下條件始為通過測試要求。

- (1) 不論 12 或 60 秒測試，當火焰移開後，樣本持續燃燒時間不得大於 15 秒。
- (2) 60 秒垂直燃燒測試時，滴落物的焰燃時間不得大於 3 秒，12 秒垂直燃燒滴落物的焰燃時間則不得大於 5 秒。
- (3) 60 秒垂直燃燒測試時，火焰移開後，樣本之燃燒長度不得多於 6 英吋，12 秒垂直燃燒則要求則為 8 英吋。

(二) 水平(15 秒)、45 角度(30 秒)、60 角度(30 秒)燃燒測試

水平燃燒測試主要用於客艙、貨艙等內裝材料之測試。測試時測試設備配置方式與垂直燃燒測試類似，也是使用本生燈進行測試，但每個測試樣本必須水平支撐(如圖 7 所示)，樣本的大小為 3x12 英吋，且厚度不得大於 1/8 英吋。測試時樣本的外露表面朝下，火焰施加 15 秒鐘後移開，必須至少用樣本中的 10 英吋長度來計算燃燒時間，而且火焰到達這個計時區前需已先燒掉約 1.5 英吋，然後記錄平均燃燒率。材料的燃燒率小於 2.5 英吋/分鐘為測試通過條件。

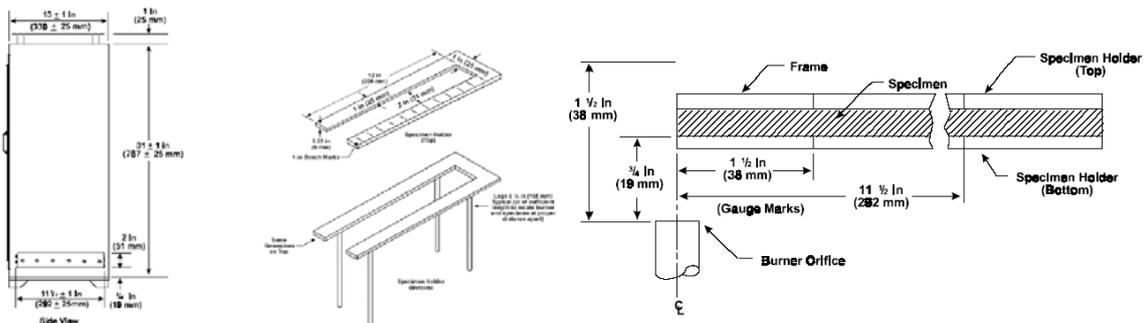


圖 7. 水平燃燒測試樣本尺寸示意圖

至於 45 度及 60 度角燃燒測試與水平測試相似，唯樣本擺放角度不同(如圖 8

所示)，45 度燃燒測試通常用於貨艙壁板及天花板材料，火焰的 1/3 必須在樣本中心處接觸材料，並且必須施加 30 秒鐘後移開，移開後火焰不得穿透該材料，移開火源後的平均焰燃時間不得超過 15 秒，平均燃紅時間則不得超過 10 秒。

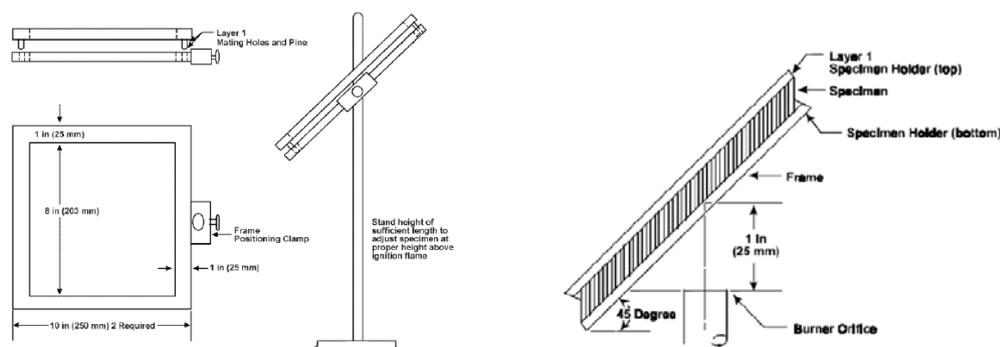


圖 8.45 度角 30 秒燃燒測試樣本尺寸示意圖

60 度角燃燒測試通常用於測試電線或電纜(包括絕緣層)，樣本下端必須夾緊，樣本上端繞過一滑輪或圓棒，並連接適當的重物，使樣本在整個易燃性測試過程中保持拉緊狀態，樣本從下端夾子到上端滑輪或圓棒的距離必須是 24 英寸，而且在距下端 8 英寸處作上標記，表明施加火焰的中心點。火焰必須施加在測試標記處 30 秒鐘，平均燒焦長度不得超過 8 英寸，移去火源後的平均焰燒時間不得超過 15 秒。樣本滴落物在滴落後繼續焰燒的平均時間則不得超過 5 秒。

(三) 油槍(oil burner)燃燒測試

油箱燃燒測試用於座椅墊燃燒測試及貨艙壁板/天花板抗火焰燒穿性測試，分別說明如下：

A. 飛機之座椅墊油槍測試：

飛機之座椅為客艙內主要設施，其數量眾多，因此如著火時將是影響旅客逃生的主要因素之一，因此除座椅零組件需進行垂直燃燒測試外，整個座椅墊尚需通過油槍測試。油槍測試時必須至少使用三組測試樣本，每一測試樣本必須使用包括一個座椅座墊和一個座椅背墊，置於特定溫度及相對濕度環境中至少 24 小時。測試時首先將座墊和靠墊測試樣本固定在測試樣本固定架上，如圖 9 所示。以一噴射角為 80°的噴嘴燃燒器(burner)點火預燒 2 分鐘，使

燃燒器錐形筒充分預熱並使火焰穩定後再開始測試。將燃燒器轉到測試位置，使座椅墊樣本置於燃燒器火焰中燃燒 2 分鐘，然後關閉燃燒器，7 分鐘後使用氣體滅火劑熄滅餘火。稱量固定架上座椅墊測試樣本組殘餘物(不包括滴落物)的重量。

座椅墊油槍測試結果需符合以下條件始為通過測試要求。

- (1) 測試樣本組總數中至少有 2/3，其燒焦長度不得從靠近燃燒器的一邊達到燃燒器對面的座椅墊邊緣。
- (2) 燒焦長度不得超過 17 英寸，燒焦長度是從靠近燃燒器的椅框內邊到測試樣本燒灼損壞最遠處的垂直距離，包括部分或完全燒掉、碳化或脆化區域，但不包括燻黑，變色翹曲或褪色的區域，也不包括遠離熱源處的材料皺縮或熔化區域。
- (3) 樣本平均百分比重量損失不得超過 10%，且被測試樣本總數中至少有 2/3 其重量損失不得超過 10%。

圖 9 為座椅座墊油槍燃燒測試照片，圖 10 則為國內廠商所自行開發應用於國內某航空公司使用飛機座椅座墊 PMA 件之油槍燃燒測試數據，該座墊 PMA 現已獲本局核准安裝於特定型式飛機上使用。

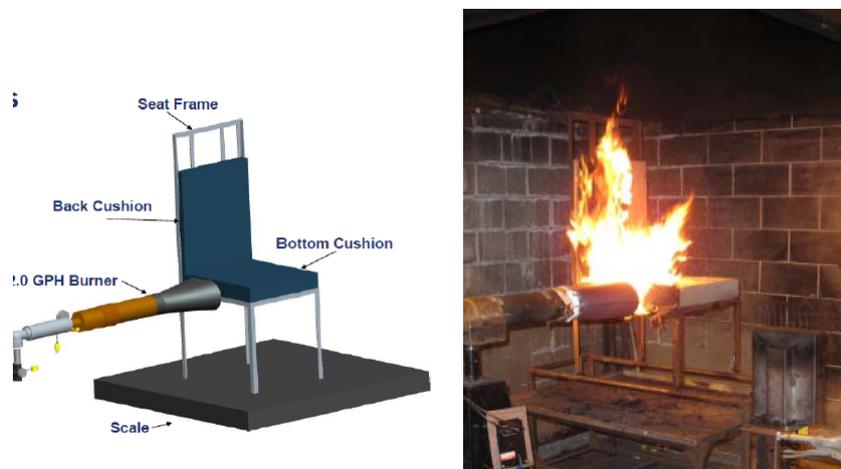


圖 9. 飛機座椅座墊油槍燃燒測試

由於目前之飛機座椅座墊之設計多朝輕量化設計，以減輕飛機重量及營運成本。但座椅座墊輕量化的結果往往造成無法通過上述油槍燃燒測試 10% 重量損失要求。因此 FAA 於 2009 年發布 Policy Memo ANM-115-08-002，針對不同座椅重量、座墊/椅套重量比之輕量化設計座椅，分別訂定油槍燃燒測試重量損失、燒穿長度合格標準(如圖 11 所示)。

測試報告
Test Report

測試結果
Test Results

測試結果 Test Results				
樣品名稱 Sample Name	燃燒長度 (in) Burn Length	最大平均 燃燒長度 (in) Total Average burn length	重量損失 (%) Weight Loss	平均重量損 失 (%) Total Average Weight Loss
Sample-1	背 12.5 座 10.0	12.6	7.8	8.6
Sample-2	背 10.5 座 9.0		7.7	
Sample-3	背 15.0 座 13.0		11.0	

According to FAR 25.853(C) (Amdt. 25-116,2004) & Appendix F Part II (Amdt, 25-94 1998)

FAR 25.853(C) 規範要求：

1.所有測試件，須有 2/3 以上的件數，其燃燒長度不會從燃燒處燒至另一面，同時平均燃燒長度亦不可超過 17" (43.2 cm)。燃燒長度是指內部邊緣到可以明顯判斷其被火燒到之最遠處，包括部份或全部燒毀焦炭變脆，但不包括油煙、污損、翹曲、退色，也不包括材料受熱而熔融收縮。

2.平均重量損失不可超過 10%。

3.總測試件之 2/3 不可超過 10%之重量損失。

*經樣品測試結果，此測試樣品符合 FAR 25.853(C) 規範要求。

以下空白

圖 10. 國內某航空公司使用飛機座椅座墊油槍燃燒測試結果

Total specimen set weight (lbs)	Average Ratio of Cushion Weight to Cover Weight	Permissible Weight Loss (%)	Permissible Burn Length (Inches)
Less than 3	1.8 to 2.0	12	16
	1.5 to 1.79	14	15
	1.1 to 1.49	16	14
	.60 to 1.09	18	13
	0 to .59	20	12

圖 11. FAA 2009 年所發布新版油槍油槍燃燒測試重量損失、燒穿長度合格標準(Policy Memo ANM-115-08-002)

B. 飛機之貨艙壁板/天花板抗火焰燒穿性測試：

此測試主要目的為預防貨艙著火時，火燄穿透至客艙而威脅旅客安全。每一測試樣本必須能模擬側壁或天花板襯墊板，包括其失效會影響襯墊安全包容火焰能力的任何設計特徵，如接合部位，照明裝置等。相同地，測試前測試樣本需置於特定溫度及相對濕度的環境中至少 24 小時。

本項測試使用之燃燒器規格與座椅墊燃燒測試時使用者相同。測試開始前先

將樣本按水平或垂直位置放置在固定架上，然後打開燃燒器並預熱 2 分鐘，待火焰穩定後將燃燒器轉到工作位置，使測試樣本置於火焰中 5 分鐘(如圖 12 所示)再移開燃燒器。在做天花板襯墊板測試時，需記錄在測試樣本上方 4 英吋處測得的峰值溫度，如果發生燒穿，記錄其出現的時間。

本項測試結果其需符合以下條件始為通過測試要求。

- (1) 施加火焰後 5 分鐘內，任何測試樣本均不得被燒穿。
- (2) 在水平測試樣本上表面上方 4 英吋處測得的峰值溫度不得超過 204°C (400 °F)。

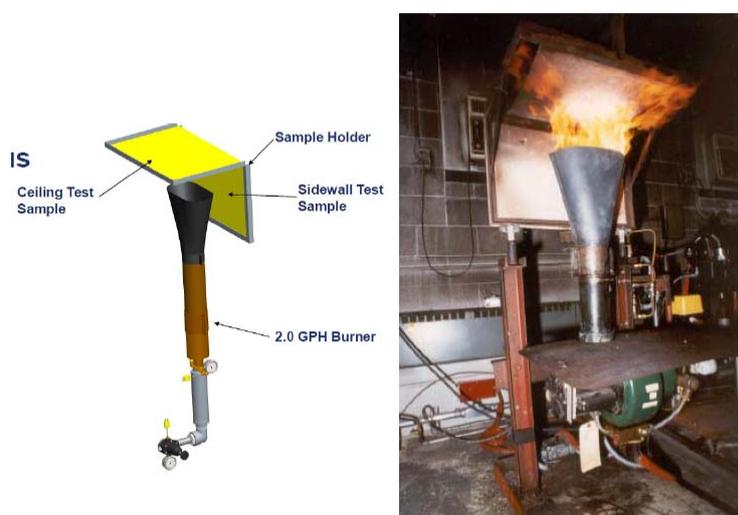


圖 12. 貨艙天花板油槍燃燒測試

(四) 熱釋放速率(Rate of Heat Release)測試

熱釋放率測試又稱為 OSU 測試，由美國俄亥俄州立大學所開發，應用於客艙材料。本項測試要求至少須採用 3 片樣本執行測試。測試時測試樣本放入通有恆定氣流的環境箱中，受輻射通過。測試中，測試樣本受輻射表面由引燃點火裝置燃燒 5 分鐘後，監測離開環境箱的燃燒產物以便計算熱釋放速率。

本項測試結果其需符合以下條件始為通過測試要求：

- (1) 樣本總釋出熱量之平均值不超過 65 千瓦-分鐘/每平方公尺。
- (2) 樣本平均最高熱值釋出率不超過 65 千瓦/每平方公尺。

(五) 煙霧測試(Smoke test)

當客艙失火、航空材料燃燒時所產生的煙霧如果過大，將影響旅客逃生時的

視線，並可能導致人員窒息。故煙霧測試主要目的為量測航空材料燃燒時所產生的煙霧密度。測試時測試樣本被放置於密閉的燃料箱內進行燃燒 4 分鐘內，再利用光度計(Photometer)量測其光學煙比密度 (specific optical smoke density)，測試後樣本之光學煙比密度平均值不得超過 200。

七、人體承受度-飛機座椅抗撞強度要求(16G 座椅)

有鑑於過去許多起緊急降落時的失事意外，最後都指向係因航空座椅的安全設計問題造成乘客嚴重受傷及阻礙人員逃生，於是自 1980 年代起國際民航界即開始思考是否應提高航空座椅之強度要求。FAA 與 NASA 合作進行了一系列實際的飛機撞擊測試，研究如何增進乘客座椅性能，當飛機發生可生還之失事事件(Survivable Accidents)時，能提供較多的乘客保護，並提高後續之逃生速率及成功機率。

配合汽車工業在碰撞測試能量日益成熟，例如：頭部傷害指數(Head Injury Criteria, HIC)之訂定等，FAA 於 1986 提出立法草案 NPRM，規劃除保留原 9G 靜態安全設計要求(FAR 25.561)外，並增加 16G 動態安全設計要求。經蒐集業界意見後，FAA 於 1988 年 5 月正式公布 FAR 25.562, Amdt.25-64，此後運輸類飛機座椅設計標準將納入 16G 動態測試要求。隨後於 1988 年 9 月，FAA 也將小型飛機亦納入座椅動態測試要求範圍(FAR 23 Amdt.23-36)，中小型及大型運輸類直昇機之檢定標準也於 1989 年 12 月納入座椅動態測試要求(FAR 27 Amdt .27-25 及 FAR 29 Amdt 29-29)。而座椅性能之工業標準 AS 8049 “Performance Standard for Seats in Civil Rotorcraft and Transport Airplanes”，則由 FAA 委託美國汽車工程師協會(SAE)於 1990 年制訂，之後 FAA 並於 1992 年制訂航空器 16G 座椅新的技術標準規定 TSO-C127。

16G 座椅設計法規要求依各種可能的緊急落地條件進行動態測試，或根據類似型式座椅的動態測試結果經合理分析。為了保護每一乘客使頭部免受嚴重傷害，在可能發生座椅或其它結構觸及頭部的情況下，必須提供保護措施以使頭部傷害標準值(HIC)不超過 1000。HIC 值係經由下式計算：

$$HIC = (t_2 - t_1) \cdot \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt \right]_{\max}^{2.5}$$

其中 t_1 ：積分初始時間；

t_2 ：積分終止時間；

$a(t)$ ：頭部撞擊總加速度對時間的關係曲線

FAA 最新之飛機經濟艙座椅動態測試結果顯示，緊急落地時前座扶手對後座乘客可能造成嚴重傷害(如圖 13A 所示)，而其撞擊 HIC 峰值則可能不只一個，且 HIC>1000(如圖 13B 所示)。



圖 13A. 經濟艙座椅動態測試結果-前座扶手造成人員傷害



圖 13B. 經濟艙座椅動態測試結果-前座扶手造成人員傷害(造成 HIC 超標>1000)

其次；隨著運輸類飛機商務艙之改裝需求及商務飛機內裝設計之多元化，側向沙發座椅(Side-Facing Seat，如圖 14 所示)、斜向座椅(oblique-facing，如圖 15 所示)之檢定申請案日益增加，而目前之適航標準是否可確保這些座椅之安全，也廣受質疑。過去 FAA 常以豁免(Exemption)方式同意這些座椅之安裝，現在證明已無法提供足夠之等效安全。因此；目前的趨勢為將這些座椅型態視為新穎設計(Novel Design)，並訂定檢定的特殊條件(Special Condition)，以提高其安全性。

一般而言；適航標準修訂公佈後，依據 FAR21.27 之規定，僅適用於生效日之後所提出之新檢定申請案。對於側向座椅及斜向座椅配置，FAA 則規劃未來將採溯及既往方式，對於已完成檢定之改裝案，擬以修訂 FAR121 之營運規定或發布 AD 方式，納入現行機隊需之落日條款，要求安裝符合未來修訂後 16G 座椅要求之座椅。

FAA 可能會要求溯及既往的政策，除影響目前進行之飛機內裝改裝案外，對先前已核准之內裝 STC 改裝案亦會造成衝擊。本次學員中有多人來自新加坡宇航及 JAMCO，目前工作範圍即為飛機商務艙 STC 改裝案。因此對於 FAA 規劃之溯及既往政策提出強烈質疑。但 FAA 兩位講師基於安全考量，似乎對此相當堅持。

八、逃生要求-緊急脫離客艙逃生之 90 秒時限要求

根據 FAR25.803-緊急逃生規定，乘客量超過 44 人的飛機在緊急情況下必須能夠在 90 秒內、使用 50%可運作之逃生艙門，將所有人員從飛機撤離至地面，飛機製造商經過實際之操作演練，符合上述 90 秒人員撤離要求，方可通過適航驗證檢定。”90 秒法則”源起於自起火至火勢閃點的發生時間點一般約為 150 秒，故要求人員需於 90 秒內完成逃生是相當合理的。

此項測試必須在外界全無照明設備的狀況下舉行，旅客數為申請型別檢定之飛機最大承載量，且組員依最少需求數配置。測試進行時並需模擬 50%出口卡死，而組員事先並不知情的狀況下進行。除所有乘員包括機組人員必須要在 90 秒內疏散完畢外，依據 FAA AC25.803-1，還需符合下列要求：

- (a)符合特定之旅客年齡、性別的比率，另需以實際大小、重量的洋娃娃模擬二歲以下的嬰孩。
- (b)曾參與飛機設計或型別檢定工作人員，不得被選為旅客進行測試。
- (c)走道上每一列都需有手提行李、公事包、報紙、毛毯、或衣服等各種散落物分布其中，以模擬實際狀態。
- (d)飛機公司需準備多餘的測試組員及旅客人數，測試時由民航局檢查員隨機取樣並隨機安排座位。

九、逃生要求-逃生門配置

依據 FAR25.807 之逃生門規定，飛機上所配置之逃生門型式計有 7 種，如下表所示：

種類	形狀及尺寸
Type I	長方形，寬大於 24 吋，高 48 吋
Type II	長方形，寬大於 20 吋，高 44 吋
Type III	長方形，寬大於 20 吋，高 36 吋
Type IV	長方形，寬大於 19 吋，高 26 吋
Type A	長方形，寬大於 42 吋，高 72 吋
Type B	長方形，寬大於 32 吋，高 72 吋
Type C	長方形，寬大於 30 吋，高 48 吋

另依據飛機最大載客量，FAA 也訂定所需逃生門之種類及數量如下：

飛機乘客數	所需種類	數量
1 至 9 人	Type IV	機身每邊至少一個
10 至 19 人	Type III	機身每邊至少一個
20 至 40 人	每邊其中一個必須是 Type II 或更大之逃生門	機身每邊至少二個
41 至 110 人	每邊其中一個必須是 Type I 或更大之逃生門	機身每邊至少二個
超過 110 人	每邊至少有兩個必須是 Type I 或更大之逃生門	機身每邊至少二個

目前 Type III 逃生門受到 FAA 特別重視，因為該型逃生艙門位於機身側機翼上方，而 1996 年的研究報告已證實 Type III 逃生艙門的人員撤離速度會因搭機旅客年齡、體重與性別影響產生明顯的差異，而走道寬度、逃生門方向導引、座椅間距與位置都影響整體的疏散時間。因 Type III 逃生艙門係坐在相關位置的乘客負責開啟操作，因此現在航空公司機上空服員會詢問逃生艙門附近乘客，是否會閱讀開啟逃生艙門之使用程序。

十、緊急設備

緊急設備為客艙安全設計的最後防線，為萬一發生緊急狀況時協助旅客及機組人員安全且快速逃生的工具，其相關規定除了在設計檢定時依照適航標準進行檢定外，多數的裝備需依據營運的規範進行配置，FAA 對於緊急設備主要規定說明如下：

- (a) 急用箱(First Aid Kits)所擺放的位置需要有清楚的標示且平均分布於客艙內，急用箱內的物品需要符合 FAR 121 附件 A 的規定
- (b) 醫療急救箱(Medical Kits)每架飛機需配置一套。
- (c) 每位空服員都需配備伸手可及的手電筒。
- (d) 滅火器所在位置需要清楚標示且平均分布於客艙內

- (e) 每架飛機需配置斧頭一只。
- (f) 每位旅客均需配置救生衣或是浮墊，檢查是否符合 TSO-C13 及 TSO-C72 標示及規定。
- (g) 每架飛機需有足夠數量的救生筏，設計需要符合 TSO 規定，並配置有緊急求生裝備(Survival Kits)。
- (h) 每個座位包括廁所都需要確定人員在繫繫安全帶的狀況下，氧氣面罩是可及的。
- (i) 每架飛機需配置緊急位置傳訊 ELT(Emergency Location Transmitter)，通常位於救生筏或緊急出口處。
- (j) 若是緊急出口距離地面超過 6 英尺，則需要配置逃生滑梯，逃生滑梯之設計需要符合 TSO 規定。

十一、客艙安全考量-發動機轉動件失效後包容(Containment)

渦輪發動機之轉動件部份；包含風扇(fan)、高低壓壓縮機(HP 及 LP compressor)及高低壓渦輪(HP 及 LP turbine)係設計長時間於高轉速操作，雖然設計時已經過詳細之應力分析計算，並須通過耐久性測試(endurance test)，但仍無法完全防止轉動件因疲勞、潛變、FOD、轉子動力不平衡、超速、腐蝕或失速/喘振等所造成之高動能破片脫離。此時若發動機外罩無法將之包容(contain)，高動能破片向外射出將可能造成發動機本體、機身及機上人員傷害。圖 16 為發動機轉動件(壓縮機盤)失效後高能破片脫離實例照片，該發動機失效後外罩成功包容住脫離之壓縮機盤高能破片，使其不致向外射出，危及客艙乘員安全。



圖 16、渦輪發動機轉動件(壓縮機盤)失效後高能破片脫離實例

為期發動機高能破片造成之風險降至最低，以確保飛行安全，目前民航發動機適航標準(如 FAR33.94-Blade containment and rotor unbalance tests)要求渦輪發動機開發廠商須透過測試或分析，證明發動機於最大轉速(rpm)操作時發動機外罩仍可包容住

失效之壓縮機、風扇及渦輪葉片破片或轉子盤(rotor disc)而不向外射出，且不致造成火災。另一方面，民用運輸類飛機之設計標準(FAR25.903(d)(1))則要求需進行設計評估，在假定發動機外罩無法包容失效之發動機轉動件破片之前提下，分析特定尺寸、射出角度及能量，並畫出可能之射出軌跡圖，以評估當破片射出時之影響，當發現可能對飛機、機上人員或其它發動機造成損傷時，則需進行設計變更，以排除風險。可能之改善措施則包括：增強保護(shielding，如於機身蒙皮上可能受撞擊處增加保護鋼板)、增加備份系統(redundancy，如增加液壓系致動器數量)、或變更可能受撞擊系統或零組件(如液壓管線或飛操面控制鋼繩)位置等。詳細評估流程可參見 FAA 民航通告編號：AC 20-128A-Design considerations for minimizing hazards caused by uncontained turbine engine and auxiliary power unit rotor failure，在此不再累述。

一個有趣的現象為現行民航適航標準僅要求發動機本體及航空器設計時須考慮發動機高能破片射出造成之風險，但對於螺旋槳卻無相對應要求，圖 17 為螺旋槳葉片失效後向外射出之實例照片，該螺旋槳葉片破片因無外罩保護，高能破片直接射中機身。可能的解釋為一般螺旋槳均為低轉速轉動，以避免發生葉尖失速，或造成超音速區導致震波產生，影響性能。但因螺旋槳葉片通常質量較壓縮機及渦輪葉片重上許多，故雖轉速較慢，但脫離時之射出動能仍相當可觀。此一課題可透過失事及意外事件紀錄分析進行後續研究。



圖 17、渦輪發動機螺旋槳葉片件失效後高能破片射入機身，危及飛機內乘員實例

十二、耐燃及防火考量-飛機燃油系統抗撞要求法規演進

當航空器失事時，經常因燃油箱或油管破裂燃油外洩引起火災而並造成重大傷亡。

依據 FAA 的研究，在 1,317 次直昇機失事紀錄中，僅有 8.7% 發生火災，但卻有 60.4% 的死亡係由燃油外洩起火所造成，在這些失事後的火災有 78.5% 是起因於燃油箱或燃油管破裂。

由上面的數據中可發現，燃油外洩起火是航空器失事後造成乘員死傷的一個重要因素，因此為降低航空器失事後乘員的存活率，除了加強結構外(如裝置 16G 座椅)，另一重點是提昇燃油系統的抗撞能力，設法減少燃油系統破裂而洩出燃油的機率。

抗撞燃油系統(CRFS-Crashworthiness resistance fuel system)之研究起於 1948 年，NACA(NASA 前身)及 CAA(FAA 前身)曾對當時使用中之航空器燃油系在加速、減速等條件下進行碰撞測試，NACA 的結論是當時沒有任何油箱是抗撞的，因此建議應進行油箱抗撞能力提昇之研究。美國軍方則自 1950 開始對 CRFS 裝置的研發，建立了相關的軍用規範 MIL-T-27322(目前已 updated 至 B 版)，建議在燃油系統裝置橡皮油箱、自封油管接頭，可變形油管等抗撞零組件，並於 1970 年開始在軍用直昇機上裝置 CRFS。

依據美國軍用直昇機 1970~1976 的使用紀錄，直昇機裝置具抗撞能力之燃油系統，在失事時可以成功地減少 75% 的灼傷人數，因起火死亡人數則降為零。證明加裝 CRFS 可有效提昇乘員的存活率。

由於軍方的使用紀錄證明直昇機裝置 CRFS 後可大幅提昇安全，FAA 於 1990 年提出將 CRFS 要求加入直昇機適航標準(FAR 27 及 FAR 29)之立法草案 NPRM90-24，並於 1994 年正式公佈為 FAR 27.952 及 FAR 29.952，要求所有未來申請檢定的直昇機其燃油系統都必需是抗撞的。

飛機上是否需加裝 CRFS 之評估起於 1985 年，FAA 先發佈立法草案 ANPRM 85-7，徵集航空業界對於在通用類飛機適航標準(FAR 23)中加入 CRFS 條款的意見，四年後(1989 年)後 FAA 再提出 ANPRM 89-11，提出於運輸類飛機適航標準(FAR 25)中加裝 CRFS 之立法建議，1990 年納入各方意見後 FAA 提出 ANPRM 85-7，建議在運輸類飛機之燃油系統裝置與軍用直昇機類似之橡皮油箱、自封油管接頭，可變形油管等抗撞零組件。可是 FAA 卻在 1999 年公告撤消在飛機加裝 CRFS 的後續立法行動，理由是”評估後之潛在利益不符成本考量”。

在直昇機上加裝 CRFS 的強制要求已對直昇機製造商造成很大的技術及成本壓力，由於直昇機一般皆採用鋁合金為燃油箱材料，因此往往無法通過 FAR 29.952 或 FAR

27.952 中 50 呎垂直碰撞測試的要求，因而必需增加油箱壁厚度或加強油箱周遭結構保護或改採軟式油箱(如橡皮油箱)，導致增加了直昇機重量及成本。由於一般飛機之飛航速度及機身體積都遠大於直昇機，其失事時與地面接觸時之撞擊模式及應力分佈也更為複雜，因此如果在飛機之適航標準(FAR 23 及 FAR 25)中加入油箱抗撞要求，以現有之技術能力，各家飛機設計廠家所設計之飛機可能在短期內皆無法滿足要求，推測這可能是 FAA 最後決定在飛機適航標準中暫不加入油箱抗撞要求的主要原因。

肆、建議

筆者本次奉派參加之「客艙安全-抗撞適航」訓練為 FAA 不定期辦理之驗證訓練課程，由於課程內容與本職工作相關，故感獲益良多。透過所提供之參考資料及與授課講師及同學經驗交流，對於目前負責之數項國內業者航機內裝改裝檢定案之執行，極有幫助。建議如預算許可，後續仍派員參加類似之驗證訓練課程。

附錄一、客艙安全設計適航標準要求-FAR 25 部 Subpart C, D, F &G

適航標準章節及標題	FAR 25 Subpart C - Structure
25.365(g)加壓艙負載	增壓客艙內的隔板、地板和隔框，必須設計成能承受所要求之加壓情況。
25.561 緊急落地情況	結構的設計必須能在輕度撞損落地過程中並在下列條件下，給每一乘客一切合理的機會以避免嚴重受傷：向上，3.0g；向前，9.0g；側向，對於機身為 3.0g；對於座椅及其連接件為 4.0g；向下，6.0g；向後，1.5g。
25.562 緊急落地動態情況	必須保護每一乘客使頭部免受嚴重傷害。在可能發生座椅或其它結構觸及頭部的情況下，必須提供保護措施以使頭部傷害標準值(HIC)不超過 1000(16G 座椅之要求)。
	FAR 25 Subpart D - Design and Construction
25.772 駕駛艙艙門	<ul style="list-style-type: none"> ● 駕駛艙艙門必有鎖定機構，以與客艙分隔。 ● 載客數 20 以上航空器乘客逃生路線時不得需通過駕駛艙艙門。 ● 需有方式可使飛行員可於緊急狀況時進入客艙，或客艙組員可於飛行員失能時進入駕駛艙。
25.783 艙門	<ul style="list-style-type: none"> ● 每扇外部艙門必須有措施鎖定並保險，以防飛行中打開，每扇外部艙門必須能從內外兩側開啟。 ● 能合理地避免在輕度撞損中因機身變形而卡住。 ● 必須有對鎖定機構作直接目視檢查的措施。 ● 機身側面的每扇旅客登機門必須適於作為 A 型、I 型或 II 型旅客緊急出口。 ● 所有廁所的門必須設計成能防止任何人被困在廁所內。
25.785 座椅、臥鋪、安全帶和肩帶	<ul style="list-style-type: none"> ● 座椅、臥鋪、安全帶、肩帶以及附近的飛機部分，必須設計成當正確使用這些設施的人在緊急落地中不會因 25.561 和 25.562 中規定的慣性力而受到嚴重傷害。 ● 每個座椅或臥鋪及其支撐結構，以及每一安全帶或肩帶及其拉緊機構必須按體重 170 磅的使用者來設計。 ● 駕駛艙工作位置的每個座椅必須設有單點脫扣裝置的組合式安全帶肩帶，使駕駛艙內的乘員就座並繫緊安全帶、肩帶後，能執行該乘員在駕駛艙內所有必要的職責。 ● 客艙組員座椅必須在每個 A 型緊急出口附近。 ● 每條安全帶必須有金屬—金屬的鎖門裝置。 ● 如果椅背上沒有牢固的扶手處，則沿每條通道必須裝有把手或扶桿。

25.787 儲存艙	儲存貨物、行李、隨身攜帶物品和設備(如救生船)的每個隔間和任何其它儲存艙，必須根據其標明的最大載重，以及規定的飛行負載情況、地面負載情況和 25.561(b)的緊急落地情況所對應的最大負載係數下的臨界負載分佈來設計。
5.789 客艙和機員艙以及廚房中物件的固定	必須有措施防止客艙或機員艙或廚房中的每一物體(指飛機型別設計的一個部分)，在規定的飛行負載情況、地面負載情況和 25.561(b)的緊急落地情況所對應的最大負載係數下，因移動而造成危險。
25.791 旅客通告告示和標牌	通知何時繫緊安全帶的告示必須能被一名機員所操作，且當上述告示開啟時，在所有可能的艙內照明條件下必須能被機艙內的每個人清楚辨識。
25.793 地板表面	使用中可能弄濕的所有位置的，其地板表面必須具有防滑性能。
25.801 水上迫降	<ul style="list-style-type: none"> ● 必須採取與飛機總特性相容的各種確實可行的設計措施，以儘量減少於水上緊急降落時，因飛機的特性使乘員立即受傷或不能撤離的機率。 ● 必須表明在合理可能的水上條件下，飛機的漂浮時間和配平能使所有乘員離開飛機，並乘上 25.1415 所要求的救生艇。
25.803 緊急撤離	對於客座量大於 44 人座的飛機，必須表明包括申請合格審定的營運規則所要求的機員在內的最大座椅量的乘員在模擬的緊急條件下能在 90 秒鐘內從飛機撤離至地面。
25.807 緊急出口	說明各種座位數的飛機其緊急出口的形式、數目要求。
25.809 緊急出口的佈置	<ul style="list-style-type: none"> ● 從開門裝置啟動到出口完全打開，不超過 10 秒鐘。 ● 必須有措施使緊急出口在輕度撞損落地中因機身變形而被卡住的機率減至最小。
25.810 緊急撤離輔助設施和撤離路線	<ul style="list-style-type: none"> ● 飛機停在地面時，離地高度超過 6 英尺的每個非機翼上方的 Type A 型出口，必須有經批准的下列設施協助乘員到達地面： <ul style="list-style-type: none"> - 必須能自動展開。 - 必須能在展開後 10 秒鐘內自動豎立。 - 必須能夠在風向最不利、風速 25 節時展開。 - 必須連續進行五次展開和充氣測試(每個出口)而無失敗。 ● 必須制定從每個機翼上方的緊急出口撤離的撤離路線，並必須有防滑表面。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 必須制定從每個機翼上方的緊急出口撤離的撤離路線，並必須有防滑表面。 ● 撤離路線表面必須至少有 80%的反射率，而且必須用標誌劃定界限，表面與標誌的對比度至少為 5:1。
25.811 緊急出口標記	<ul style="list-style-type: none"> ● 每個旅客緊急出口的接近通路和開啟措施，必須有醒目的標記。 ● 必須用沿客艙每條主通道走近的乘員能看見的標示來指明旅客緊急出口的位置。 ● 操作手柄的位置和從機內開啟出口的說明。 <ul style="list-style-type: none"> - 必須有一個從相距 30 英吋處可辨讀的標記。 - 對每 Type III 型旅客應急出口的操作柄必須是自身發亮的，其初始亮度至少為 160 微朗伯(Micro-Lamberts)。 - 對每個 Type A 型、I 型和 II 型旅客緊急出口，如果其鎖定機構是靠轉動手柄來開啟的，則必須作標記。 ● 每個要求能從外側打開的緊急出口及其開啟措施，必須在飛機外表面作標記。
25.812 緊急照明	<ul style="list-style-type: none"> ● 必須設置獨立於主照明系統的緊急照明系統。 ● 必須提供客艙的一般照明，使得沿客艙主通道中心線和連接主通道的橫向通道中心線，在座椅扶手高度上按間隔 40 英吋進行測量時，平均照度不小於 0.05 英尺-燭光(Foot-Candle)，但每一測量點處的照度不小於 0.01 英尺-燭光。 ● 地板必須有照明，沿旅客撤離路線的中心線、且平行於地板相距 6 英吋以內測得的照度不得小於 0.02 英尺-燭光。 ● 在黑夜裏，地板附近的緊急撤離通道標記必須保證每一名乘客能目視辨認出沿座艙通道地板通向在座椅前面或後面的最近一個出口或一對出口的緊急撤離路線。 ● 外部緊急照明必須在撤離者可能向座艙外跨出第一步的 2 平方英尺區域內，照度不得小於 0.03 英尺-燭光。 ● 每個緊急照明裝置的能源在緊急落地後的臨界環境條件下，必須能按照度要求提供至少 10 分鐘的照明。
25.813 緊急出口通路	<ul style="list-style-type: none"> ● 從每一主通道通向每個 Type I 型、II 型或 A 型緊急出口和每個單獨的旅客區域之間必須有一通道。引導通向 Type A 型出口的每一通道必須是無障礙的，且寬度至少為 36 英吋。其它通道和橫向通道必須是無障礙的，其寬度至少為 20 英吋。 ● 如果從客艙中任一座椅到達任何規定的緊急出口要經過客艙之間的通道，則該通道必須是無障礙的。 ● 在客艙之間的任何隔板上不可設置艙門。
25.815 通道寬度	20 人以上之客機其座椅之間的旅客通道寬度在任何一處必須等於或超過以下：離地板小於 25 英吋需 15 英吋，離地板等於或大於 25 英吋需 20 英吋寬。
25.817 最大並排座椅數	只有一條旅客通道的飛機上，通道每側任何一排的並排座椅數不得大於 3。

25.819 下層服務艙(包括廚房)	<ul style="list-style-type: none"> ● 每個下層服務艙必須至少有下列兩條緊急撤離路線，供該艙中的乘員在正常和緊急照明條件下迅速撤至主艙。 ● 在駕駛艙與每個下層服務艙之間，必須有雙向通話設施。 ● 必須有在正常與緊急情況下都能聽見的緊急音響警報系統，使得駕駛艙內的機員和在每個與地板齊平的緊急出口處的機員，均能對下層服務艙中的乘員發出緊急警報。
25.851 滅火器	客艙內必須至少有下列數量、可方便取用並分佈均勻的手提式滅火器：31 至 60 人需 2 個，60 人以上需 3 個。
25.853 座艙內部設施	<ul style="list-style-type: none"> ● 材料(包括製成品或材料表面的裝飾層)必須滿足 Part 25 部附錄 F 第 I 部分中規定的適用測試準則。 ● 座椅墊(機組人員的座椅墊除外)除了滿足材料要求外，還必須滿足 Part 25 部附錄 F 第 II 部分或等效的測試要求。 ● 內部天花板和壁板(燈罩除外)、隔板、廚房外壁、大櫥櫃和儲存間(座椅下的貯存箱和貯存雜誌與地圖類小物件的箱子除外)，除了必須符合材料要求規定的可燃性要求外，還必須符合 Part 25 部附錄 F 第 IV 和第 V 部分或其它經批准的等效方法的測試要求。 ● 用作收集可燃廢棄物的廢物箱必須是完全封閉的，要用至少是耐火的材料來製造，而且必須能包容在正常使用的條件下其內部可能出現的火焰。
25.855 貨艙和行李艙	<ul style="list-style-type: none"> ● B 級至 E 級貨艙或行李艙必須有襯墊，但該襯墊必須是與飛機結構分開。 ● C 級和 D 級艙的天花板和側壁的襯墊板必須滿足本部附錄 F 第 III 部分或經批准的其它等效方法的測試要求。 ● 貨艙或行李艙結構所用的其它材料必須滿足本部附錄 F 第 I 部分規定的適用測試準則或經批准的其它等效方法的準則。 ● 必須有防止貨物或行李干擾艙內防火設施功能的措施。
25.857 貨艙等級	<p>A 級貨艙：機員在其工作位置上能容易發現著火，在飛行中容易接近艙內每個部位。</p> <p>B 級貨艙：有足夠的通路使機員在飛行中能攜帶手提式滅火器有效地到達艙內任何部位，並有經核准、獨立的煙霧探測器或火警探測器系統，可發出警告給在工作位置處之駕駛員。</p> <p>C 級貨艙：</p> <ul style="list-style-type: none"> - 具有經核准、獨立的煙霧探測器或火警探測器系統，可發出警告給在工作位置處之駕駛員。 - 配置有從駕駛員或飛行工程師工作位置處可操縱的、經批准的固定式滅火系統。 - 有措施阻止危險量的煙、火焰或滅火劑進入任何載有機員或旅客的機艙內。 <p>D 級貨艙：艙內發生著火能被完全隔離，而不致危及飛機或乘員的安全。艙內的通風和抽風應為可控，使艙內可</p>

	<p>能發生的任何著火不會發展到超過安全限度。</p> <p>E 級貨艙：飛機上僅用裝貨。</p>
	<p>FAR 25 Subpart F - Equipments</p>
25.1411 安全裝備	<ul style="list-style-type: none"> ● 緊急情況時機員所使用的必要安全裝備必須使其使用順手。 ● 必須能夠存放足夠數量的救生艇，以容納對於申請水上迫降合格檢定時所核准的最大乘員數目。 ● 必需配置遠距離信號發射裝置。 ● 救生衣存放設施必須根據申請水上迫降合格檢定時所核准的乘員總數。 ● 申請水上迫降合格檢定，則必須備有存放救生繩的設施。
25.1415 水上迫降裝備	<ul style="list-style-type: none"> ● 每艘救生艇上必須帶有一根拖曳繩和一根固定繩。 ● 在其中一艘救生艇上必須備有一台符合 TSO-C091 規格中適用要求的營救型緊急定位發射機(ELT)以供使用。
25.1421 擴音器	<p>擴音器，必須有固定措施，在擴音器受到 25.561(b)(3)規定的極限慣性力時仍能將其固定。</p>
25.1439 防護性呼吸裝備	<p>如配置 A 級、B 級或 E 級貨艙，必須裝有防護性呼吸裝備以供相關的機員使用。</p>
25.1447 分氧裝置裝置的規定	<ul style="list-style-type: none"> ● 每一需後備氧氣系的乘員必須有各自的分氧裝置。 ● 操作高度低於和等於 25,000 英尺的合格檢定，則供每一機員立即使用的供氧接頭和分氧裝置，必須位於易取處。 ● 操作高度超過 25,000 英尺的合格檢定，則必須有符合下列規定的分氧裝置： <ul style="list-style-type: none"> - 必須有接在供氧接頭上可供每個乘員就座時立即使用的分氧裝置。如果申請操作高度超過 30,000 英尺的檢定，則提供所需氧流量的分氧裝置必須在座艙壓力高度超過 15,000 英尺之前自動送達乘員處。分氧裝置及供氧口的總數必須至少比座位數多 10%。 - 在盥洗室必須至少各設兩個與上述要求類型相似的供氧口和分氧裝置。 - 便攜式供氧裝備必須使每個客艙服務員在需要時能立即使用。
	<p>FAR 25 Subpart G - Operating Limitations and Information</p>

25.1551 標記和標牌	飛機必須裝有規定的標記和標示牌。
25.1557 其它標記和標牌	每個行李艙和貨艙以及每一配重位置必須裝有標示牌，說明按裝載要求需要對裝載物作出的任何限制，包括重量限制。
25.1561 安全設備	<ul style="list-style-type: none">● 每個在緊急情況下由機組操縱的安全設備操縱器件必須清晰地標示其操作方法。● 存放所需緊急設備的設施必須有醒目的標記，以識別其中存放的設備並便於取用。