

凌霄御風的航程

龍文馨¹

航聯網(Cockpit Connectivity)萌芽及航機上最新的運用，對於探究空中亂流預報資訊及航機如何閃閉做法，皆有裨益。



圖 1：航空公司很快就會裝置一套這種新的軟體工具，來做更佳的亂流預測，以及估計該地區大氣對流情況，上圖是美國佛羅里達州西邊壞天氣的惡兆。

航程中能避開亂流總是上策，但是能確實掌握使飛機晃動來源之相關參數，進而設法安然度過亂流，對於所有與該航班相關之飛航組員乘客及民航飛安管理者，都是特別有價值的。

由於在駕駛艙運用航聯網與亂流自動報告兩種技術日益普及，資料分析軟體科技發展不斷精進，未來將會使航機減少不必要的維修，同時增進空中航行客艙舒適度。

對公司而言，亂流造成營運成本的提高，由於空中亂流所造成飛安、飛行效率、組員及旅客傷害等三方面之損失，估計每年約

¹中華航空氣象協會

花費 1 億美金。這是氣象供應廠商 Weather Services International (WSI) 氣象服務公司估算的。依據美國國家運輸安全委員會 NTSB 所統計的資料，自 1998 年到 2014 年之間，空中重大亂流意外事件及失事事故的數據紀錄，其中商用運輸航空公司大約每年有 27 件意外事件以及失事。這些事故導致平均有 14 件嚴重傷害，69 件輕微傷害，傷者中大部分是空服人員，由於他們通常在客艙內工作而沒有繫上安全帶。另外飛機機身也有可能受損，所以當駕駛員報告遭遇亂流事故時，為了飛航安全，他們必須假設飛機機身可能受到損傷，讓飛機接受特殊的維修檢查。

目前機師與簽派員經由飛行前計劃，可以預先避開亂流，他們通常使用天氣預報資訊，以及在計劃飛行路線附近其他航機飛行員不時用無線電播報的主觀性航程報告。在飛機起飛後，地面簽派員可以透過機上通訊及報告系統，去更新原先飛航計劃提報的氣象資料，而機師們可基於簽派員傳來以及機載氣象雷達顯示的訊息，在飛行航程中規劃並更改原先航路，上述那些傳輸的訊息，可能包含偵測到亂流時的各項特性，在沒有足夠寬頻網路可供傳送資訊時，其實駕駛員無法收到如地面簽派員所能檢視的亂流、氣象雷達圖像資訊，導致飛行員無法做出最佳的航路變更決定。

目前看起來，航聯網之效率確實有所改進，而由於飛機上陸續開始使用航聯網，航機上的軟體已經足以把亂流事件量化，每班航機在航程中的報告相對變得益發切合實用。

在 2015 年所做的統計中顯示，美國大約有超過 1000 家的航空公司，已經裝配了亂流自動報告系統，它可以提供量化的資訊，不是像以往只有定性的訊息，這些報告協助已裝有該型系統的航機，

減少非必要的亂流後檢查，以及判定機隊中其他飛機是否需採取必要的措施，這些飛機大部分安裝 WSI 亂流自動化-機長報告系統 Turbulence Auto-Pirep System(TAPS)軟體模組，它能收集大氣與飛機參數，並且依亂流報告加以計算，並定期提供給機師及地面人員相關訊息，而且只要亂流事件超過其預先設定的門檻，它將會立即透過飛機上 ACARS (ARINC Communication Addressing Reporting System) 系統傳送到地面，航管人員再傳送給正在那些亂流風險區附近飛航的飛機。

美國航空公司資料指出，在裝備了 TAPS 系統的機隊中，確實發現“嚴重的擾流後檢查”的次數降低，該軟體模組可以取代以往都是使用人工輸入呈交的機長報告 (PIREPs)，在使用 TAPS 系統後，機師們就可以參照 TAPS 量測數據，擷取真正的風力強度，進而修正他們原先憑主觀感覺所認知的亂流程度，再向飛機客艙內以及地面聯絡人報告。因此資訊校正是重要的關鍵，因為機師需負責把嚴重的亂流報告填報進入公司飛航作業檔案中存查。

TAPS 系統所輸入的空電資訊流，主要的要素包括飛機攻角、空速、大氣溫度、壓力及 G 值，然後估算計量化亂流程度數值。只要飛機遭遇超過某一個限定的 G 值情況，這個計量化亂流強度值資訊，經過 ACARS 立即自動傳輸到美國航空公司作業中心。其他時間，無論航程是顛簸或平穩，每 20 分鐘傳送一次亂流強度值。美國航空公司會按程序處理亂流強度值，再把它送到 WSI 國際氣象服務中心，該中心負責彙整每一架裝有 TAPS 飛機傳輸來的報告，然後轉發送給所有客戶。這些氣象數據也用來更新亂流預報值，那些前面已有的預報值，曾經提供給機師及地面簽派員據以製作飛行前航路計

劃。

美國航空公司飛航計劃及氣象服務經理說，我們確實看到嚴重亂流檢查(severe turbulence inspections)紀錄的次數，確有減少的趨勢。TAPS 報告提供給機師們遭遇擾流時的一項科學量化指標，長此以往，他們已經能夠精確的評估所遭遇到的情境。機師必須在飛航記錄簿中記錄大量的資料，為了減少這些手寫項目可能造成的筆誤，美國航空公司正在尋求 FAA 和飛機製造商的許可，讓他們使用 TAPS 系統計算的 G 值水準(TAPS's G level)。而不要像以前那樣，由機師自己做定性的評估。因為航機在空中遭遇擾流後機身是否應當執行檢查，應該取決於 TAPS 原先計算設定的門檻 G 值。

美國航空公司尚未提供該公司受傷人數銳減的數據，但是 WSI 公司的輔助決定部門總經理說，他們公司主要客戶曾提出報告，飛行組員受傷人數降低、機體維修檢查次數銳減，已為公司帶來重大的利益。TAPS 軟體是 WSI 公司所產出的一種廣泛氣象產品組合的一部分，他對美國航空公司以及另外三家航空公司，包含阿拉斯加航空，提供氣象以及亂流威脅資訊。美國航空公司 TAPS 系統，已經安裝到波音 737、757 和 767 機隊。大約是該美國航空公司 965 架飛機中的一半，該公司預定把 TAPS 裝載至公司所有機隊上，唯除 MD-80 機隊除外，不過對於究竟何時能全部安裝完畢，尚未訂出時限。因為美國航空公司目前正與聯合航空公司進行整併。

YEAR	EVENTS	INJURIES	
		SERIOUS	MINOR
2013	11	3	37
2012	33	10	83
2011	26	19	32
2010	13	11	73
2009	21	15	106
2008	12	12	43
2007	11	12	10
2006	28	9	49
2005	33	9	42
2004	36	12	50
2003	36	24	83
2002	29	14	74
2001	33	17	53
2000	40	21	82
1999	36	16	181
1998	34	22	111
TOTAL	432	226	1,109
YEARLY AVERAGES			
Events	27		
Serious injuries	14		
Minor injuries	69		

Sources: NTSB from FAA incident and accident reports, The Aviation Herald, Curt Lewis LLC briefs, NTSB files

美國航空公司是最早使用 Rockwell Collins 公司氣象雷達追蹤軟體的客戶，它具有威脅追蹤的功能，可以在駕駛艙的氣象儀表顯示乘載品質與亂流的嚴重程度為何，對於航程中周遭對流天氣，如何做出執行面或策略面的亂流閃避，使用氣象雷達都是一個有效的工具，然而氣象雷達的並無法偵測晴空亂流，其實這個落差正有賴於 TAPS 報告彌補。氣象雷達對於飛行計劃也許沒有特別助益，在航行中，也無法把氣象雷達資訊與其他航機共用。Honeywell 公司認為這個問題可以在寬頻的航聯網時代來臨時迎刃而解。

Rockwell Collins 公司正在研發一種應用技術，攫取氣象雷達以及其他相關資訊，甚至利用非由網路上傳的數據，產生預報並顯示未來航點附近可能遭遇的天氣情況讓駕駛員知悉，也可提供駕駛員選擇航路，並減少修改航路的次數，使航機加速到達目的地。該公司競爭對手 Honeywell 公司所研發的氣象雷達軟體 IntuVue weather radar，有劇烈亂流危害警告(severe turbulence-hazard alerting option)的選項，而且已經被西南航空以及一些其他公司應用在航機上。

包含阿拉斯加航空的波音 737 整個 143 架飛機的機隊，及其他的若干客戶。整體而言，WSI 公司的 TAPS 軟體系統目前已經裝置多達七百多架飛機上，未來亞太地區和歐洲航空公司將陸續安裝。現在這套自動飛行員軟體報告系統已經可以提供即時的亂流量測，松下航空電子(Panasonic Avionic)，使用對流層機載氣象資料報告系統(Tropospheric Airborne Meteorological Data Reporting ,TAMDAR)系統，及美國國家大氣研究中心 NCAR 的軟體(In Situ software-only)，提供航空公司運用於飛行計畫的規劃，TAMDAR 系統提供的數據，大量增加高空大氣狀態的資訊，以往這些

數據是藉由氣象氣球量測，以及分散在各處的航空器駕駛員透過無線電裝備所傳來的報告，這些資料相對較為陽春簡單。

松下航空電子的 TAMDAR 系統軟體，可量測亂流及積冰資訊，透過衛星向地面接收站報告，提供即時 7 種不同等級的亂流警告資訊，至於使用的這些資料的客戶，包括冰島航空和美國一些地區性航空公司。

NCAR 美國國家大氣研究中心的軟體包(In Situ Package)，已經安裝在 DELTA 航空機隊 160 架飛機以及聯合航空 30 架和西南航空 160 架飛機上。In Situ 軟體程式經由讀取航機攻角，空中溫度及大氣壓力和一些其他資訊，整合計算飛機周圍渦流消散率(eddy dissipation rate EDR)，再進而評估亂流狀況，EDR 是藉由廣泛收集大氣亂流的不同狀況量測結果，他不是只量測相關的加速度與飛機承受之重力 G 值而已，因為這兩種資訊會隨著每架飛機經過亂流的時間，隨著飛機本身重量及機體大小，構型不同，還有其他的變數，會有相當的差異。渦流消散率 EDR 是依據 ICAO 的量測亂流的標準來計算的，航空公司可以計算特別是每一架飛機，在哪一種特定狀況下，所承受的重力 G 值，每隔 60 秒，即時下傳前 1 分鐘最大與平均的渦流消散率的數值，如果數值超過設定的門檻值，這個軟體會立即傳送訊息。最新版本的軟體，允許每隔 15 分鐘固定更新上述數據，以節省飛機上 ACARS 的通信費用。

與 WSI 國際氣象服務公司相較，他使用來自飛機垂直負載之均方根值，做飛機遭受到亂流強度的單位值，以測量飛機對擾流的反應，比起渦流消散率來說不需要複雜的運算，可以較普遍的運用在許多種飛機，以及各類型空用電子裝備。航空氣象服務公司 WSI 也

計算 EDR 渦流消散率的數值，但他把它用在數值天氣預報產品上。

整體來說，業界希望能建置一套具有渦流消散率數據的資料庫，理想上是由政府單位維護，並整合各類的即時亂流報告、精進修正預測數值。目前 FAA 尚無計劃要建立此類數據庫，但是 FAA 正在發展渦流消散率 EDR 的使用標準，因為目前有各種不同的數學演算及技術，其所得出的結果有時並不相容，一旦有了共同的規則標準，各航機之間透過 ADS-B OUT 所互相傳輸的渦流消散率 EDR 報告，將也可用作 Wake-Turbulence 尾流-擾流閃避之用，因為對於決定在某一時段內尾流強度時，EDR 是一個主要的變數，FAA 說目前(2015)美國大約 1070 架飛機會報告即時遭遇之亂流資訊，而且計算出渦流消散率的數值。

美國航空公司 EFB 計劃經理說，他希望 Wi-Fi 連接到駕駛艙 iPad 這件事，在 2016 年 9 月被 FAA 核准，如果機艙內可用人工連接寬頻，航空公司希望能讓配備 iPad 的機師，能在航程中使用 WSI 氣象及亂流圖形產品，目前這些資訊只能在飛行前於地面獲得。當機師在駕駛艙連接上網際網路，他就可以每隔一個小時，循環去看國際航空氣象服務公司 WSI 所傳的氣象圖形，那時機師將可配合原先簽派員上傳的資料，做出飛機長程飛航策略性的決定，前述航聯網網路連接及收集渦流消散率 EDR 資料的做法，相較於航機通報系統 ACARS 的成本低廉許多。美國國家大氣研究中心 NCAR 提供的軟體 In Situ，已經完成相關的研究，也經過證實是可用的、同時功能良好，美國國家氣象中心的經理說，航空公司通常不願意付額外的費用，而目前這一套軟體對航空公司而言是免費取得的。

參考資料：

Aviation Week & Space Technology / September – Oct, 2015 : Silky Sailing