

## 赴美研習航空氣象預報心得

楊志文、沈義欽

美國是全球氣象科技最先進的國家之一，其國家氣象局 (National Weather Services) 所屬之「世界區域預報中心 (World Area Forecast Center ; WAFC)」，也是全球兩個 (另一個為英國倫敦) 提供國際民航公約第三號附約 (ICAO ANNEX-3) 所規範之全球航空氣象預報服務中的一個。長期以來，民航局所屬臺北航空氣象中心透過美國國家大氣科學研究中心 (National Center For Atmospheric Research ; NCAR) 的密切合作關係，有效的與負責製作全球及全美航空氣象預報的航空氣象中心 (Aviation Weather Center ; AWC)，建立了非常好的訓練管道。

美國航空氣象中心為全美航空氣象服務的主要單位。為了學習及增進國際航空氣象預報技術，臺北航空氣象中心於 95 年度開始，透過航空氣象現代化作業系統強化及支援計畫 (Advanced Operational Aviation Weather System Enhancement and Support ; AOAWS-ES)，派遣航空氣象預報人員至 AWC 研習各項預報技術，並於返國後與同仁經驗分享，加上每年出國受訓所攜回之參考資料，成果相當豐碩。

本次研習的課程有：一、飛行天氣產品之製作；二、國際航空氣象守視業務；三、世界區域預報系統產品應用技術；四、航空氣象作業系統及其應用；五、顯著天氣的預報技術與方法。目的在使預報員熟練國際航空氣象產品的整合運用與製作，進而提升我國航空氣象預報品質。

## 一、AWC 組織及任務介紹

AWC 隸屬於美國國家海洋大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration ; NOAA) 所管轄，其任務是發布國內和國際顯著危害天氣的預報，提供給航空相關人員使用，但不做機場的 TAF 預報工作，此工作由各天氣預報中心 (Weather Forecast Office ; WFO) 來發布。AWC 除了正副主管、行政人員、資訊約聘人員外，作業上的席位劃分如下：全球預報方面共有三個席位，包括北半球席位 (SIGWX graphics Northern Hemisphere)、南半球席位 (SIGWX graphics Southern Hemisphere)、以及熱帶席位 (Tropical desk)；國內預報方面共有五個席位，包括美國本土西部、中部、與東部三個區域非對流預報席位、美國國內對流整合預報產品席位 (Collaborative Convective Forecast Product ; CCFP) 以及對流 SIGMET 席位，各席位所提供之航空氣象預報產品將於之後分開說明。另外，阿拉斯加 (Alaska) 與夏威夷 (Hawaii) 則自行發布當地的區域非對流預報以及對流 SIGMET 產品。

## 二、國際越洋航線預報和顯著危害天氣編報

此部分包含 SIGWX graphics (分為北半球與南半球，以北緯 20 度為分界) 席位以及熱帶席位，北、南半球席位負責製作的高層顯著天氣圖產品每日 4 次，資料初始時間分別為 00Z、06Z、12Z、18Z，屬於定時預報產品，製作的高度範圍在飛航空層 2 萬 5 千英尺到 6 萬 3 千英尺 (FL250~FL630)。此 2 個席位的值班時間為每日兩班制，分別為早班上午 7 點至下午 5 點及晚班下午 7 點到隔日上午 5 點，其中早班的下午 5 點到 7 點及晚班的上午 5 點到 7 點各

兩 2 小時為休息時間。依據不同的投影方式，包含北半球極投影、麥卡托投影和南半球極投影，一張全球圖檔將可自動產生 7 個不同區域的產品。圖面上標示的天氣現象有噴射氣流 (Jet Stream)、亂流 (Turbulence)、對流層頂 (Tropopause)、對流雲 (Convective Cloud)、氣旋 (Cyclone) 以及火山灰 (Volcano) 等 6 種。製作完成並存檔完成後，由南半球席位負責整合，再經過聊天室 (chat room) 討論，聊天室參與的成員有台灣—TAMC、關島—GUM、加拿大—WEG、阿拉斯加—AWU、澳洲—BOM、紐西蘭—KIWI 以及英國—London 等，主要是確認全球的火山灰和任何熱帶颶風及其中心定位。綜合各方意見再由值班預報員來決定圖面是否要作修改及發佈。北半球席位接著製作中層顯著天氣圖，此預報圖主要是針對北大西洋的飛航空層為 1 萬英尺到 4 萬 5 千英尺 (FL100~450) 的高度範圍。

產品製作完成後在電腦系統內會產生 PNG (Portable Network Graphics) 和 BUFR (Binary Universal Format for Representation) 兩種不同格式的檔案，PNG 是圖檔格式，可透過網頁傳輸方式，任何人都可以上網取得。BUFR 檔為數位資料格式，保有圖層的特性，使用者可以選擇所需要的圖層接收，以提高傳輸效率，還可以修改內容。BUFR 檔內容包含 ICAO Annex 3 規範要求的飛航氣象資訊，世界區域預報中心包含華盛頓以及倫敦，兩者製作的產品互為備援。

熱帶席位負責發布墨西哥灣 (Gulf of Mexico) 以及加勒比海 (Caribbean Sea) 的區域預報 (Area Forecast ; FA) 和國際顯著危

害天氣（包含 International SIGMET 以及 AIRMET）。席位值班時間為每日 3 班制，每班 8 小時，席位的工作內容如下：

（一） International SIGMET：包括對流性與非對流性的顯著危害天氣，如熱帶氣旋（Tropical cyclone）、颶風（Hurricane）、雷暴（Thunderstorm）屬對流性危害天氣；強烈亂流（Severe turbulence）、強烈積冰（Severe icing）、火山灰（Volcanic ash）、沙暴與塵暴（sand storm and dust storm）屬於非對流性，一旦出現便須立即發布，報文內容如附錄一。發布的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英尺（SFC~FL450），其中，熱帶氣旋、颶風以及火山灰預報長度最長可達 6 小時，報文中還有未來展望(OUTLOOK) 6 小時。而雷暴、強烈亂流、強烈積冰、沙暴與塵暴的預報長度最長只 4 小時，發布區域為墨西哥灣、加勒比海以及美國西部海岸。在 SIGMET 報文中與本中心不同的地方在於，報文沒有修正報（CCA）與更正報（RRA），直接以最新的一份報文取代。另外，不同的天氣系統以不同的代碼表示，由 ALFA（A）到 Mike（M），同一個系統若持續發布，則序號一直加下去，直到系統消散，如 ALFA1、ALFA2...，當代碼用到 M 之後，有新系統產生，再回頭由 A 開始循環。當天氣系統確定離開預報責任區域後，即解除 SIGMET。

（二） AIRMET：此為 12 小時的預報，針對亂流、積冰、結冰層等危害天氣做預報，發布區域為墨西哥灣、加勒比海，發布的高度範圍由地面到 2 萬 4 千英尺（SFC~FL240），範圍包括本區東北部鄰接大西洋以及墨西哥灣沿岸，沿岸區域的 AIRMET 還包括國內的 AIRMET。

(三) 區域預報 (Area Forecast ; FA) : 發布區域包含加勒比海區域預報 (FA of Caribbean Sea ; FACA) 以及墨西哥灣區域預報 (FA of Gulf of Mexico ; FAGX) 兩個。說明如下 :

### 3.1. 加勒比海區域預報 (FACA) :

此區域包含兩個飛航情報區 (Flight Information Region ; FIR) , 每天發布 4 次 (04Z、10Z、16Z、22Z) , 預報長度 12 小時, 未來展望為 12 小時的預報, 報文只要在預報時間開始前 30 分鐘上傳出去即可。舉例來說, 22Z 的 FACA 要於 2130Z 做完上傳出去, 預報 22Z 到 11Z, 未來展望從 11Z 到 22Z。發布的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英尺 (SFC~FL450) , 包括綜觀天氣概述、責任區域內每一個 FIR 的能見度、雲幕、積雨雲雲頂高度、盛行風、天氣現象、雷暴、亂流、積冰、結冰層 (Freeze Level ; FRZLVL) 高度以及未來展望。

### 3.2. 墨西哥灣區域預報 (FAGX) :

此區域包含 12 個 FIRs , 每天發布 3 次 (02Z、11Z、19Z) , 預報長度 12 小時, 未來展望為 12 小時, 報文只要在預報時間開始前 30 分鐘上傳出去即可。舉例 02Z 的 FAGX 要於 0130Z 做完上傳出去, 預報 02Z 到 14Z, 未來展望從 14Z 到 02Z。發布的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英尺 (SFC~FL450) , 包括綜觀天氣概述、責任區域內每一個 FIR 的能見度、雲幕、積雨雲雲頂高度、盛行風、天氣現象、雷暴、亂流、積冰、結冰層高度以及未來展

望。本區預報產品主要供應大量的直昇機作業使用，直昇機每日航行約 6000 架次，運送工作人員往返換班，本區海上約有超過 4000 座鑽油平台，每日約有 30000 人在平台上作業。

### 三、國內區域預報及顯著危害天氣編報

美國國內區域預報，有三個席位，每個席位負責二區。東部區域預報席(FA EAST)包含波士頓(Boston; BOS)和邁阿密(Miami; MIA)兩個區域；中部區域預報席(FA CENTRAL)包含芝加哥(Chicago; CHI)和達拉斯/華茲堡(Dallas/Fort Worth; DFW)兩個區域；西部區域預報席(FA WEST)包含鹽湖城(Salt Lake City; SLC)和舊金山(San Francisco; SFO)兩個區域，總共有六區。

三個席位的工作內容一樣，只是預報區域不同；另外，由於美國幅員遼闊，3 個區域分屬不同時區，東部時間為西部時間減去 2 個小時，而中部時間為西部時間減去 1 個小時。在此以西部區域預報席(FA WEST)來說明。此區域包含鹽湖城和舊金山兩個區域，每天發布 3 次(11Z、20Z、03Z)，在預報時間開始前 15 分鐘送出，預報長度為 12 小時，未來展望有 6 小時，例如 1045Z 發報，預報有效時間自 1100Z 到 2300Z，未來展望從 2300Z 到 0500Z 共 6 個小時。預報的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英尺(SFC~FL450)，包括綜觀天氣概述、以及發布區域內每一個州的顯著天氣，另外，前面提到阿拉斯加與夏威夷自行發布當地的區域非對流預報以及對流 SIGMET 產品。FA 席位提供的預報產品說明如下：

(一) SIGMET：非定時預報產品，一發現顯著危害天氣立即

發報，預報長度最長 4 小時，預報的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英尺 (SFC~FL450)，但不做未來展望，主要針對非對流性的顯著危害天氣，如強烈亂流、強烈積冰、風吹塵以及火山灰。

(二) AIRMET：每天發布 4 次 (03Z、09Z、15Z、21Z)，預報長度為 6 小時，未來展望有 6 小時，預報的高度範圍由地面到 2 萬 4 千英尺 (SFC~FL240)，針對非對流性的中度亂流、中度積冰以及雲層遮蔽山脈 (Mountain Obscuration；MTN OBSCN) 等天氣現象。AIRMET 的報號不以數字來編號，而是區分為三大類，分別是 AIRMET ZULU(Z) 描述積冰與結冰層的天氣現象；AIRMET TANGO(T) 描述亂流、低空風切 (Low Level Wind Shear；LLWS) 以及強風；AIRMET SIERRA(S) 描述飛航分類和雲層遮蔽山脈。

(三) 低層預報產品 (Low Level Forecast Product；LLFP)：包括低層顯著天氣預報圖以及地面預報圖，如圖 9 所示，每天發布 4 次 (00Z、06Z、12Z、18Z)，預報的高度範圍由地面到 2 萬 4 千英尺 (SFC~FL240)，此為 24 小時預報圖，圖上只標示飛航分類 (包含 MVFR 與 IFR)、中度以上亂流以及結冰層等值線 (包括地表 0°C 結冰層等值線，以及 4000ft、8,000ft、12,000ft、16,000ft 等)，圖上的區域由三個 FA 席位的預報員各自完成後再由其中一席合併後發布。

國內對流整合預報產品席 (CCFP)，負責發布對流性的天氣現象，這個席位比較特的地方在於工作的時間在每年的 3 月 1 日至 10 月 31 日，也就是較易產生對流性天氣系統的時段。

此席位每 2 小時就必須做一次預報，時間自 08Z 至隔天 04Z，

日光節約時間自 07Z 至隔天 03Z，亦即午夜子時被設定為當地對流機率最低的時段，不必編報，一天總共要做 11 次預報，每次要繪製預報未來 2、4、6 小時的 3 份對流性天氣預報圖。製作時先在目前的對流區域直接畫訂範圍，並會在圖面旁出現一個標籤(label)框，將各數值打上，依序為對流雲的雲頂發展高度、趨勢預報、預報員主觀信心度、與對流範圍覆蓋率，再度針對現在天氣系統繪製範圍再輸入移向、移速、以及預報長度，電腦會自動將所繪製的範圍平移至預報有效截止時的位置，相當好用。當預報產品製作好後，在發布前 45 分鐘則開放 30 分鐘的聊天室，來跟國內各地的預報員、民間氣象專家與加拿大氣象局做雙向的溝通，使產品做到更準確。製作此預報圖的區域時，要注意對流天氣範圍至少要達 3000 平方英哩，這與本中心目前預報區域至少要 1 度 x 1 度的經緯度範圍類似。另外，CCFP 以 18dBZ 的回波高度來表示對流雲頂高度，編報對流雲頂高度有三個門檻，即高度範圍在 FL370 以上、FL310~FL370 以及 FL250~310，分別代表美國本土高、中、低不同的對流雲頂發展高度。預報員在作業時會參考大量的模式以及觀測的資料，包含衛星、雷達、探空（蕭氏指數、舉升指數）、模式產生的探空、地面分析圖、高空分析圖。

國內對流 SIGMET 席 (convective SIGMET)，參考雷達回波、衛星雲圖及觀測資料，每小時發布一次，有效時間為 2 小時，未來展望為 4 小時，預報的高度範圍由地面到 4 萬 5 千英呎 (SFC~FL450)。天氣現象有颶風、積雨雲、雷暴、強烈龍捲風(Severe Tornado) 等對流性天氣，預報的區域範圍與 CCFP 席位相同，至



少要達 3000 平方英哩。

#### 四、WFO (Weather Forecast Office) 參訪

(一) WFO 業務組織：NWS 在全美共有 121 個氣象辦公室 (WFO)，除負責提供一般大眾 1-7 天之氣象(如風向、風速、最高最低溫，降水...等)及水文(水溫、水位高度....等)資訊之外。另包括災害天氣(如龍捲風、雷暴、洪水，冬季大雪、強風、熱浪...等)之守視、警告、建議。若災害天氣嚴重影響當地，則立即成立緊急應變小組，提供救難單位天氣資訊。

本次參訪之對象是密蘇里州 Pleasant Hill 的 WFO。此 WFO 負責之區域涵跨 44 個 counties 面積達 38,856km<sup>2</sup>，其特別之處在於主建物另附屬一座都普勒氣象雷達，是全美 158 座雷達網連(其中 31 座為美國軍方所有)之一。

WFO 的組織編制在主任、督導之下主要區分為三，一為負責維修儀器設及其附屬都普勒雷達的技術人員、二為提供水文相關資訊的預報員、第三為提供一般大眾天氣資訊的預報員。資料供應的方式，除透過一般網際網路之外，另有專屬氣象廣播頻道，由於非屬開放頻道，民眾必須購買專用收音機才能收聽。

(二) TAF 之編發：在 WFO 提供的服務中，直接與飛航天氣相關的為編發 KMKC(Downtown Kansas City)、KMCI(Kansas City International)、KSTJ(St. Joseph Rosencranz)等三個機場的 TAFS，在美國 TAF 涵蓋範圍是以機場中心向外延伸 5 海哩。預報有效時間為未來 24 小時，每六小時(00Z、06Z、12Z、18Z)發布一次，必要時得修正。TAF 之預報則著重在第 2-6 小時之預報。TAF 編發之

作業大致與臺北航空氣象中心類似，差異的地方如下：

- 1.在預報時間內、僅維持一份有效報，意即只有 24 小時預報，而無九小時預報。
- 2.發布前 30 分鐘與鄰近航管單位之氣象席位 CWSU(Center Weather Service Unit)成員討論後編發。
- 3.當預期之預報因子有長時間改變時使用 FM 不使用 BECMG。
- 4.每月提供人工修正發布之 TAF 與模式輸出之 TAF 兩者與實際觀測資料之校驗結果。

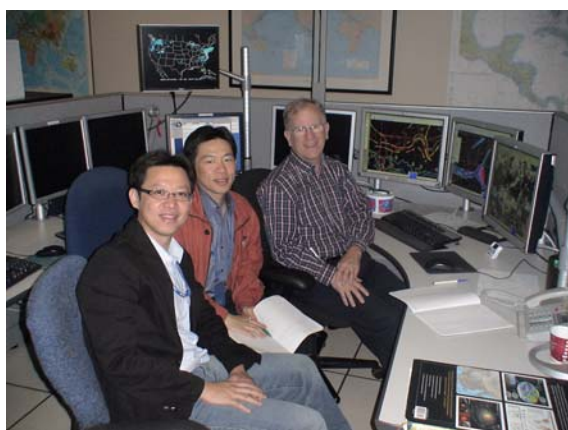
## 五、心得與建議

AWC 除了提供美國本土之航空氣象預報外，也肩負著全球航空氣象預報之責，要在短短六小時內提供大範圍的預報產品，勢必藉助電腦科技輔助。首先在氣象預報上非常依賴模式預報，預報員可同時參考各種不同模式預報，再搭配衛星、雷達、閃電、探空、地面觀測等即時資料，綜合研判後製成產品。最重要的是，AWC 將觀測資料、預報產品及發報軟體整合，預報員只需在一台電腦上，即可分析觀測、模式資料及製作預報產品，非常有效率。

另外我們也注意到，美國在氣象產品的製作上非常重視協調，例如全球之高層顯著天氣圖發布前須與倫敦討論颱風與火山灰之位置。整合對流預報產品(CCFP)完成前須和航空公司(如西北航空)所聘請的氣象專家、美國氣象局派駐於航管單位的氣象席、和鄰近的加拿大之氣象單位溝通協調。協調之目的在使預報產品具有一致性，且透過使用者參與，可避免過度預報航路上之顯著危害天氣，

導致飛航計畫改變，增加油耗成本。目前我國籍之航空公司並無聘請氣象專業人員，航管單位亦無氣象席位。預報員常不了解航空公司及航管單位如何利用預報產品。建議能在氣象專題演講或預報專精複訓時，邀請航空公司人員或航管人員擔任講座，讓預報人員有機會更了解航空公司或航管人員如何利用預報產品，提升預報的品質。

美國擁有先進的航空氣象預報技術以及氣象模式產品，值得我們學習，所以應持續派預報員至美國航空氣象中心(AWC)，學習航空氣象預報技術，並藉此增進台美雙方之預報經驗交流及友誼。



---

作者為臺北航空氣象中心預報員