

出國報告(出國類別：實習)

航空氣象現代化作業系統汰換及更新計畫-研習航空氣象天氣預報及劇烈天氣守視技術出國訓練

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：楊川德 臺長、林文琳 主任氣象員

派赴國家：堪薩斯市，美國

出國期間：民國 112 年 10 月 14 日至 10 月 27 日

報告日期：民國 112 年 11 月 27 日

提要表

系統識別號：	C11202299																						
視訊辦理：	否																						
相關專案：	無																						
計畫名稱：	航空氣象現代化作業系統汰換及更新計畫-研習航空氣象天氣預報及劇烈天氣守視技術出國訓練																						
報告名稱：	航空氣象現代化作業系統汰換及更新計畫-研習航空氣象天氣預報及劇烈天氣守視技術出國訓練																						
計畫主辦機關：	交通部民用航空局																						
出國人員：	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">姓名</th> <th style="width: 15%;">服務機關</th> <th style="width: 15%;">服務單位</th> <th style="width: 15%;">職稱</th> <th style="width: 15%;">官職等</th> <th style="width: 25%;">E-MAIL 信箱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>楊川德</td> <td>交通部 民用航空局 飛航服務 總臺</td> <td>臺北 航空 氣象 中心</td> <td>臺長</td> <td>薦任 (派)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>林文琳</td> <td>交通部 民用航空局 飛航服務 總臺</td> <td>臺北 航空 氣象 中心</td> <td>主任氣象員</td> <td>薦任 (派)</td> <td>聯絡人： wenlin50@anws.gov.tw</td> </tr> </tbody> </table>					姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱	楊川德	交通部 民用航空局 飛航服務 總臺	臺北 航空 氣象 中心	臺長	薦任 (派)		林文琳	交通部 民用航空局 飛航服務 總臺	臺北 航空 氣象 中心	主任氣象員	薦任 (派)	聯絡人： wenlin50@anws.gov.tw
姓名	服務機關	服務單位	職稱	官職等	E-MAIL 信箱																		
楊川德	交通部 民用航空局 飛航服務 總臺	臺北 航空 氣象 中心	臺長	薦任 (派)																			
林文琳	交通部 民用航空局 飛航服務 總臺	臺北 航空 氣象 中心	主任氣象員	薦任 (派)	聯絡人： wenlin50@anws.gov.tw																		
前往地區：	美國																						
參訪機關：	美國航空氣象中心，美國航路管制中心(ZKC)，天氣預報辦公室(EAX)																						
出國類別：	實習																						
出國期間：	民國 112 年 10 月 14 日 至 民國 112 年 10 月 27 日																						
報告日期：	民國 112 年 11 月 27 日																						
關鍵詞：	航空氣象																						
報告書頁數：	29 頁																						
報告內容摘要：	本次訓練前往美國航空氣象中心(Aviation Weather Center, AWC)各席位見習，並參訪美國航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)的																						

	<p>氣象服務席位 (Center Weather Service Unit, CWSU) 以及位於 Pleasant Hill 的天氣預報辦公室 (Weather Forecast Office, WFO)。除研習航空氣象天氣預報及劇烈天氣守視技術外，同時著重於探索航空氣象預報技術和未來發展動向。透過此次研習，期望能夠充分了解當前最新航空氣象預報技術及航空氣象產品的整合運用與製作，後續將這些學習經驗有效整合、應用於本區域預報作業，並供進行中 AOAWS-RU 系統建置參考。期許透過持續不懈的努力，提升本區域航空氣象服務品質，使其能夠更好地滿足使用者的需求。</p>
電子全文檔：	
附件檔：	
限閱與否：	否
專責人員姓名：	A15060000HA0
專責人員電話：	

目次

壹、目的.....	1
貳、過程.....	2
一、研習行程.....	2
二、美國航空氣象中心介紹.....	3
三、美國航路管制中心(ARTCC)氣象服務單位(CWSU).....	22
四、天氣預報辦公室(WFO).....	24
參、心得及建議.....	27

壹、目的

為持續提升本區航空氣象服務，民用航空局飛航服務總臺於 110 年至 113 年間推動為期四年的航空氣象現代化作業系統汰換及更新計畫(AOAWS-RU)。在此計畫中除整體改造本區目前航空氣象服務平臺軟硬體之外，同時安排氣象中心預報員前往美國參加為期兩週的航空氣象預報作業交流及研習，以持續接收國際上航空氣象預報技術新知。

本次研習主要通過美國航空氣象中心 (Aviation Weather Center, AWC) 各個席位見習，並安排參訪美國航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)的氣象服務席位 (Center Weather Service Unit, CWSU) 以及位於 Pleasant Hill 的天氣預報辦公室 (Weather Forecast Office, WFO)，讓氣象中心預報員了解 AWC、CWSU 和 WFO 的氣象預報員所使用的預報工具以及他們如何應用這些工具繪製高層顯著天氣預報圖、區域天氣預報、對流天氣預報和編報終端機場預報等的工作。

此次研習讓我方觀察到美國目前對航空氣象預報的精確性，希望藉由此研習汲取 AWC 當下最新的觀測、預報、衛星資料及預報作業系統優點，並整合運用於每日預報作業及供進行中的 AOAWS-RU 提供系統建置參考，持續精進本區航空氣象服務品質。

貳、過程

一、研習行程

去程	112 年 10 月 14 日 112 年 10 月 15 日	14 日自桃園國際機場搭乘長榮航空 BR26 至美國西雅圖機場，隔天早上搭乘阿拉斯加航空 AS296 至堪薩斯市。由 Paul Fike 協助接送至飯店。
研習	112 年 10 月 16 日 112 年 10 月 24 日	16-20 日及 23-24 日依課程安排於 AWC 進行各席位隨班研習訓練。另外於 19 日上午參訪堪薩斯航路管制中心(ZKC ARTCC)的氣象服務席(CWSU)，20 日上午參訪位於 Pleasant Hill 預報辦公室(WFO EAX)。
回程	112 年 10 月 25 日 112 年 10 月 27 日	25 日自堪薩斯機場搭乘捷藍航空 B62222 至紐約甘迺迪國際機場，轉乘 26 日長榮航空 BR31 返回桃園機場。

二、美國航空氣象中心介紹

美國航空氣象中心 (AWC) 隸屬於美國商業部(U.S. Department of Commerce) 國家海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 國家氣象局 (National Weather Service, NWS) 國家環境預報中心 (National Center for Environmental Prediction, NCEP) 下 9 個全國性支援中心的其中一個。美國航空氣象中心也是國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO) 指定的兩個全球區域預報中心之一。其主要使命是為全球和美國境內的航空產業提供穩定、即時且準確的氣象資訊，以確保飛行的安全和效率。願景在航空氣象中成為受信任的權威機構和創新領導者。



圖 1 美國航空氣象中心建築物外觀

美國航空氣象中心位於密蘇里州堪薩斯市。少部分成員與 FAA 共同設置於維吉尼亞州沃倫頓國家指揮中心(Air Traffic Control System Command Center, ATCSCC)。目前中心主任為 Robert W. Maxson 先生，此趟參訪主要由退休預報員 Paul Fike 及副主任 Debra Blondin 女士接待。目前約有 75 名員工，分為四部門：

■ **國家航空氣象學家 National Aviation Meteorologists, NAMs**

該小組共有 6 人，分配給位於維吉尼亞州沃倫頓的國家指揮中心 (ATCSCC)，直接向 FAA 國家營運經理(National Operations Managers, NOMs) 提供基於影響的決策支援服務 (Impact-based Decision Support Services, IDSS)。

■ **美國境內航空氣象部門 Domestic Operations Branch**

包含亂流席、積冰席、能見度與雲幕席、對流席和空中交通流量管理對流預報席共 5 個席位，負責美國境內天氣預報產品製作及天氣守視。

■ **國際航空氣象部門 International Operations Branch**

包含熱帶席、北半球顯著天氣圖席、南半球顯著天氣圖席 3 個席位。負責提供墨西哥灣、大西洋部分地區、太平洋部分地區的顯著危害天氣以及覆蓋全球的越洋航線顯著天氣圖

■ **航空作業支援部門 Aviation Support Branch**

負責資料流、科學研究、網頁維護以及其他各項領域以確保 AWC 的產品和服務能持續提供給客戶。

(一) 熱帶席 Tropical Desk

熱帶席主要工作分為兩部分：

- (1.) 守視墨西哥灣、加勒比海、北大西洋、北太平洋海洋地區(圖 2、圖 3) 視需要發布國際顯著危害天氣(International SIGMET)。其中包含對流性的顯著危害天氣，如熱帶氣旋、颶風、雷暴與非對流性的顯著危害天氣，如強烈積冰、強烈亂流、火山灰、沙暴與塵暴。除火山、颶風及熱帶氣旋預報有效時間為 6 小時外，其餘有效時間為 4 小時。沒有修正報(AMD)，須更正時可發更正報(COR)，消散或預期將消散可以發取消報(CNL)。天氣系統以 Alfa...Mike 編序。
- (2.) 發布墨西哥灣、加勒比海區域預報 Area forecast(FA)。區域預報是以文字形式呈現，其內容由四個部分組成：
 1. 以文字描述該區域未來 24 小時內綜觀重要天氣的簡要討論
 2. 對未來前 12 小時的顯著雲和天氣預報，其中包含
 - = 晴空(SKC)或低於有 FL180 的雲量(SCT、BKN 或 OVC)
 - = 前述其雲底和雲頂高
 - = 降水、雷暴
 - = 能見度低於 7 英里與視障天氣現象
 - = 持續的平均風速在 20KT 或以上
 - = 飛航天氣分類展望(LIFR、IFR、MVFR 或 VFR)
 3. (中度、強烈) 積冰與結冰高度
 4. (中度、強烈) 亂流

墨西哥灣區域預報(FAGX)每天發布三次，於有效時間 0200、1100、1900UTC 前半小時發布，預報範圍為圖 4 其涵蓋海平面至 45,000 英尺的空域。加勒比海區域預報(FACA)每天發布四次，於有效時間 0400、1000、1600、2200UTC 前半小時發布，預報範圍為圖 5 其涵蓋海平面至 24,000 英尺的空域。兩區除了空域高度、發佈次數與時間不一樣外，飛航天氣分類展望墨西哥灣比加勒比海多了 LIFR，其餘標準一樣。

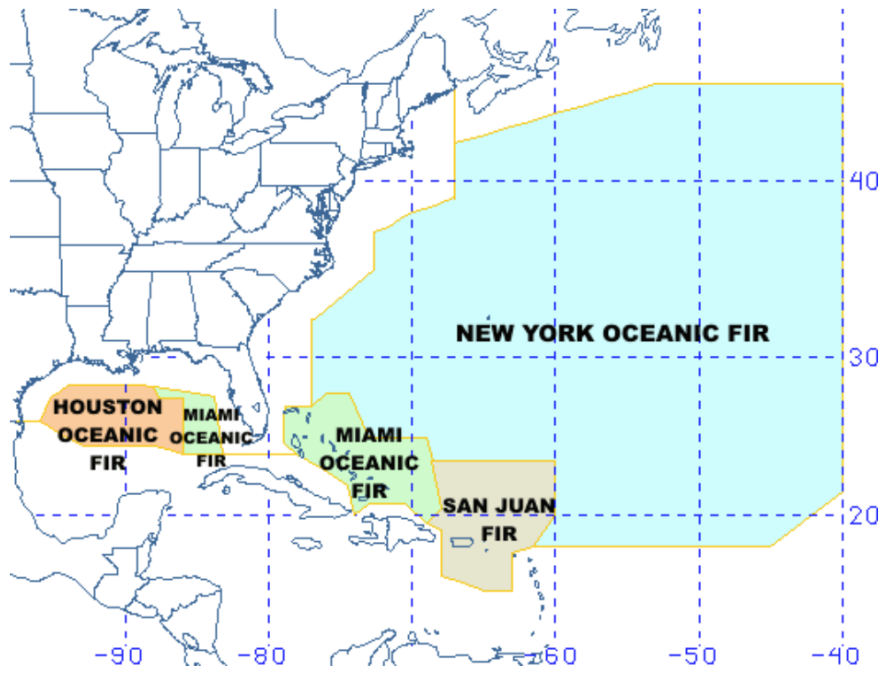


圖 2 International SIGMET 墨西哥灣、大西洋負責範圍

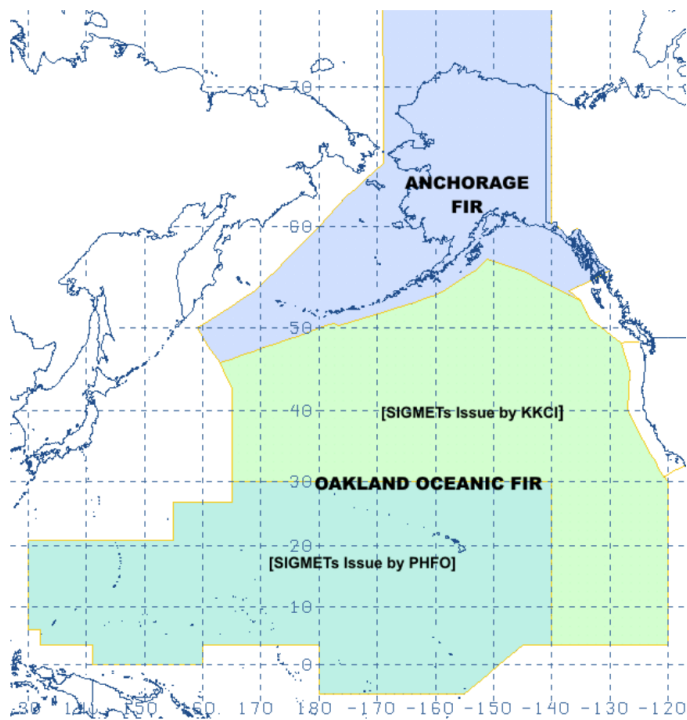


圖 3 International SIGMET 東太平洋負責範圍。AWC 負責發布中間淺綠色部分，下方由夏威夷天氣預報辦公室(HFO)，上方由阿拉斯加航空氣象單位(AAWU)負責。



圖 4 墨西哥灣區域預報範圍



圖 5 加勒比海區域預報範圍

(二) 北半球、南半球顯著天氣圖席 SigWx North/South Desk

根據 ICAO 在《ANNEX 3》對航空氣象的要求，兩個世界區域預報中心 (World Area Forecast Center, WAFC) 分別於美國華盛頓的 WAFC Washington 和英國倫敦的 WAFC London 為飛行員提供覆蓋全球的航空氣象資訊，各自繪製全球之高層顯著天氣圖並互為備援。其中提供的全球高層顯著天氣圖 (Significant Weather Chart High Level, SigWx_high level) 就由 AWC 負責產品的製作與提供。另外配合英美航線飛行需求繪製北大西洋的中層顯著天氣圖 (Significant Weather Chart Mid-Level, SigWx_mid level)。

全球高層顯著天氣圖 (FL250-630)，內含噴流、亂流、對流雲、對流層頂高度、火山、熱帶氣旋、颱風/颶風等資訊。而北大西洋中層顯著天氣圖 (FL100-450)，其氣象要素同高層外，多含積冰、及雲內亂流資訊。產品每六小時發布一次，有效時間為 00, 06, 12, 18 UTC。

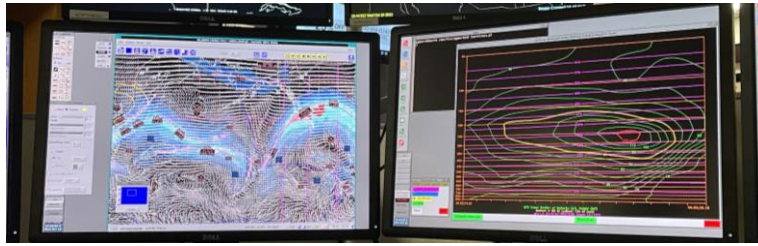
席位工作內容分配以北緯 20 度為界，北半球席負責北緯 20 度以北的全球高層顯著天氣圖以及繪製北大西洋中層顯著天氣圖。南半球席負責北緯 20 度以南的全球高層顯著天氣圖，負責合併、調整南北半球的全球高層顯著天氣圖。並在發布前與各國氣象單位透過線上聊天室進行討論，跟據各國意見稍作調整後上傳發布。不過依據 ICAO 指引，未來將由模式直接輸出全球高層顯著天氣圖，預計 2024 年七月啟用，空間解析度將增加為 0.25 度，時間解析度將增加為 3 小時輸出一次，屆時不會再有預報員介入繪製，也不會再有線上聊天室。預報員目前都還沒有機會看過產品原型，彼此都很好奇由模式直接輸出的全球高層顯著天氣圖成品品質會如何。

相較於 AWC 其他席位 24 小時三班制，南、北半球席為一天兩班制，工作時間為 10 小時，值班時間分別為 0700-1700L、1900-0500L。分別負責繪製 12&18UTC、00&06UTC 產品。

在介紹完席位工作分配後，由 Jessie Sparks 先生示範 18Z 北半球高層顯著天氣圖製作過程：

首先在製作全球高層顯著天氣圖會利用到全球模式資料 (GFS、UKMET、ECMWF) 以及全球觀測資料 (衛星、閃電、探空) 等資料，

(1.) 噴流：繪製噴流軸標示風速、高度及風速大於 80KT 的高度上下限。



上圖左方為 AWC 使用繪圖軟體介面，能將模式風場資料直接載入程式中，風速大於 80KT 會著色表示，預報員能依據資料繪製噴流軸；右畫面為噴流軸垂直剖面圖，風速 80KT 所在以黃色封閉線標示，找到對應高度決定風速 80KT 的高度上下限。目前 AWC 使用的繪圖系統 當預報員將噴流位置標註好以後，能自動判斷風速、位置與高度上下限並標註，大大減輕預報員的工作量。

(2.) 對流層頂高度標定主要是由兩種方法：

1. Potential Vorticity Method

位渦是大氣動力學中的一個重要參數，它結合了水平風、垂直風和溫度的資訊。在對流層頂，位渦梯度通常會有一個極值。透過計算位渦梯度，可以識別對流層頂的位置。此法在高緯度地區表現較好。

2. Lapse Rate Method

隨高度降溫反轉為增溫的高度。或找溫度遞減率 $<2^{\circ}\text{C}/\text{KM}$ 且溫度的變化趨緩或者停止的高度。此法在赤道地區表現較好。

當比較兩種方法顯示的對流層頂高度有出入時，就透過模式探空資料由預報員分析決定。

(3.) 亂流：

預報亂流可以由幾種方式決定：

1. 診斷可能發生亂流的機制 (例如：風切、山岳波等...)
2. 綜觀天氣系統分布辨識 (噴流前側、噴流出現 T-bone 的形式、氣旋的北側等...)

3. 風切分析

	中度亂流	重度亂流
垂直風切	50-65KT per 100mb layer 6-9KT per 1000ft layer	>65KT per 100 mb layer >10KT per 1000ft layer
水平風切	25-49KT per 90nm	>50KT per 90nm

4. 數值模式指引：

- Richardson Number
- Ellrod index
- Divergence tendency
- Ellrod-Knox index
- 絕對位渦
- TKE
- GTG(Graphical Turbulence Guidance)

(4.) 對流雲 CB：可以參考衛星雲圖、閃電資料、數值模式指引(水氣輻合、相當位溫、GFS 對流預報、K-index(適用於中緯度找數值超過 30)、EPOCH 演算法¹)

(5.) (中層 SIGWX)積冰：

積冰的形成需要特定的環境條件，例如在過冷水的環境或系統上升運動的地方。RAP_ICING 可以提供預報員在繪製高層顯著天氣圖的指引，其積冰演算法基本概念是診斷網格點是否有發生溫度在 0~-20°C之間且相對濕度大於 63%。另外衛星紅外線雲圖或探空資料也可以分析積冰可能發生處。探空同樣觀察 0°C 至-20°C 之間的濕區，並可同時檢視 CAPE 以判定是否存在需要注意的雲內亂流。

另外還會依據現時天氣加入熱帶氣旋、颶風及火山灰資訊。

¹ EPOCH 演算法(Ensemble Prediction of Oceanic Convective Hazards)是使用美國 GFS 與加拿大 CNAC 的模式資料，利用 CAPE、地球長波輻射、累積降水去推估雷暴或對流發展高度超過 3-4 萬英尺的可能區域。

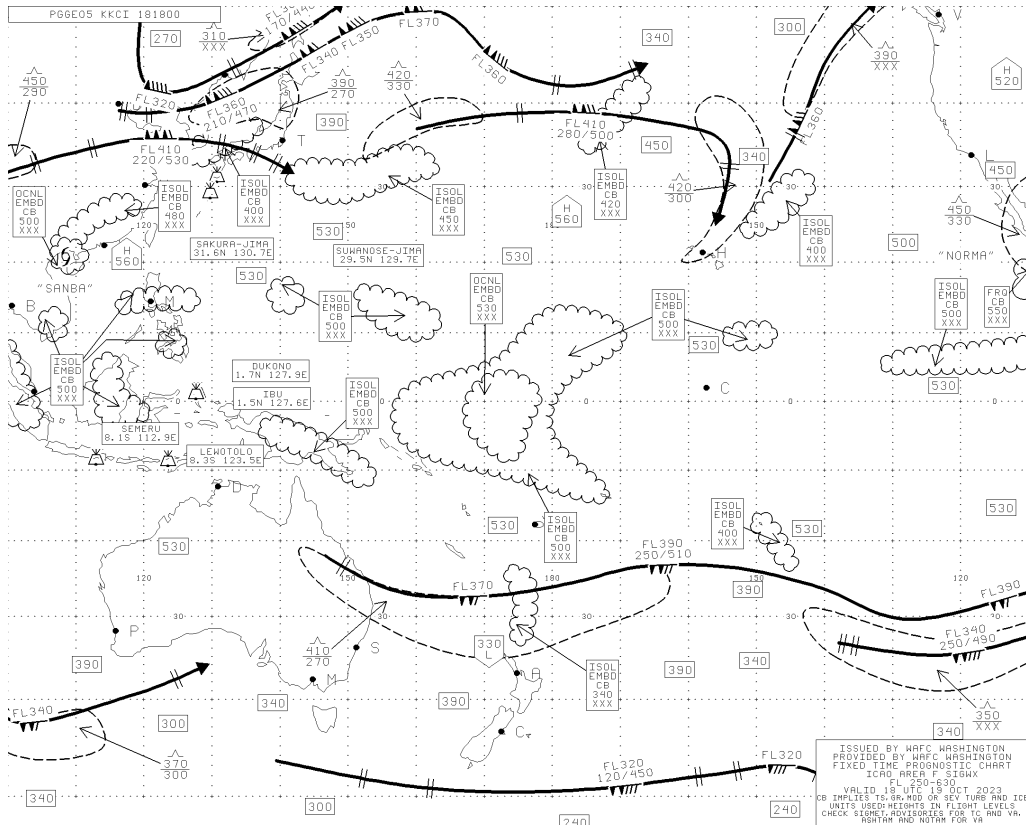


圖 6 高空顯著天氣圖。參訪當日，亞洲地區正受到輕度颱風三巴 Sanba (2316) 影響，該颱風正往中國海南移動。當時的預報顯示其位置位於北緯 20 度附近。然而南半球席提出將其與美洲附近的颶風一同標示，因此未能參與標示颱風的程序。

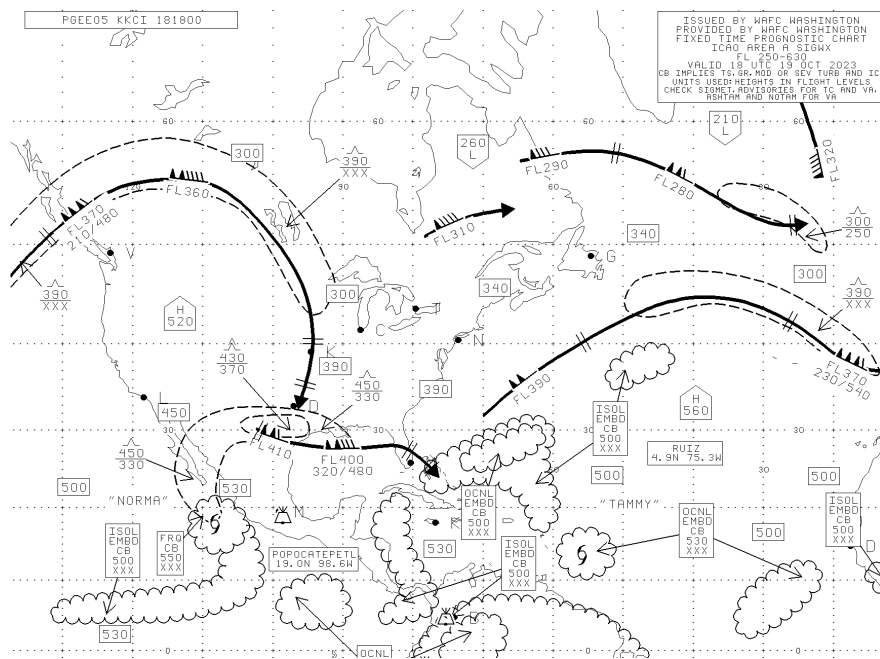


圖 7 高空顯著天氣圖。在美國德州上空為噴流 T-bone 形式。

G-AIRMET 介紹

AIRMET (Airmen's METeorological Information)是針對航空天氣現象的發生或預期發生進行簡明文字描述的通知，當出現可能影響飛航安全，但其強度低於 SIGMET 規定程度時發布。它主要目的是通知所有飛行員可能出現的潛在危害天氣現象。G-AIRMET 是 AIRMET 的圖形版本，適用於與 AIRMET 相同的標準，其優勢除了以圖形方式呈現，更容易理解和解讀外，在時間和空間上更加精確。

以下例子可以解釋 G-AIRMET 的優勢：當一個危害天氣正在從北卡羅來納州西南部向東南方移動，並預期其影響範圍正在擴大。如果是發布 AIRMET (圖 8 左)，其發布範圍被迫包括整塊區域，以便在整個 AIRMET 預報期間內提供完整的預報。然而若使用 G-AIRMET (圖 8 右)，它能在同一預報期內的三個不同時刻精確描繪影響區域的位置、大小和形狀，提供更具體的訊息，使飛行員能夠更好地評估飛行路線和風險，也讓航行更有效率。

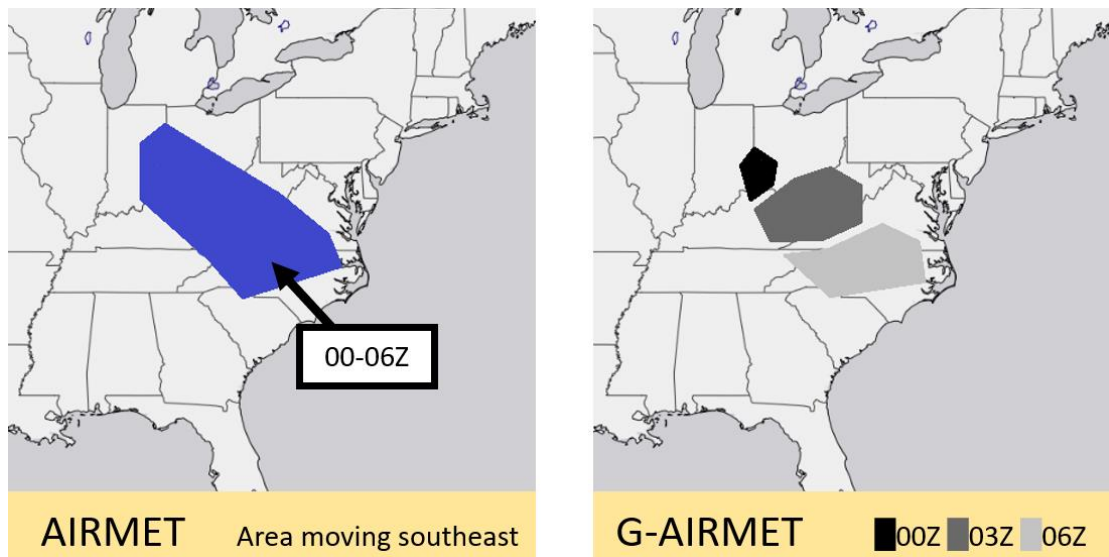


圖 8 左圖為 AIRMET 圖形化示意，右圖為 G-AIRMET

目前 AWC 同時提供 G-AIRMET 和 AIRMET 給使用者。每 6 小時發布一次 G-AIRMET，有效期為未來 12 小時，提供有效時間+0、3、6、9 和 12 小時共 5 張圖形預報，系統也能轉化為 AIRMET 格式提供 0-6 小時預報和 6-12 小時的展望。然而，預計在 2025 年 1 月獲得 FAA 許可後，將結束提供 AIRMET，完全轉為 G-AIRMET。屆時將不會受限於區域劃分，不會再出現因天氣要素跨區而得分成兩筆 AIRMET 發布的情況。

由於 G-AIRMET 可不受境內疆界限制，現在 AWC 從原本以區域分配席位 (東、西、中部) 職責改為依天氣現象分類，目前有積冰席、亂流席、能見度及雲霧席

積冰席：負責全美境內積冰、結冰高度

亂流席：負責全美境內低空風切、亂流、地面風

能見度及雲霧席：飛航天氣分類、山脈模糊不清

各席位除了負責定時發布席位 G-AIRMET 外，也會視實際情況發布 SIGMET。

(三) 積冰席 Icing Desk

講座 Kelvin 使用 12Z 的封包資料為我們示範製作 15Z 的 G-AIRMET_ICING 產品(如圖 13)。首先將上一份 G-AIRMET_ICING 資料載入，所以 09Z 的+6、9、12hr 會是這份 15Z 的 0、3、6hr，這做法是確保產品能有一致性及連續性，相差太多會讓使用者降低對預報產品的信心。Kelvin 接著用 RAP_icing 產品選擇發生機率 20%以上的區域，從整層的積冰模式結果決定發布區域，然後切換模式參考積冰可能高度後再決定積冰高度範圍。但同時也會參考過去幾小時內的飛機報告(PIREP) 提供的積冰高度對照。另外也需要依靠預報員的經驗，像是在美國西北部地形較複雜的區域，容易造成模式預報誤差，經驗上實際會比模式高度多 2000 呎。另外有注意到在美國 G-AIRMET_ICING 允許積冰底層是一段範圍而非單一高度，和我們氣象中心現行作業習慣不一樣。

積冰席的另一工作是負責將積冰席、亂流席、能見度及雲霧席的產品整合製作低層顯著天氣圖(如圖 9)。積冰席能透過系統燈號得知其他席位進度，當席位完成產品上傳至系統暫存，系統會轉綠燈顯示席位完成進度，當三席位完成後，積冰席按下整合鍵，系統能將多個產品疊加顯示至一張圖內，積冰席需要負責確保積冰、亂流、能見度、雲的線與標籤不會重疊後上傳。低層顯著天氣圖包含對未來 12、24 小時預報，每 6 小時更新一次，有效時間為 00、06、12、18Z。

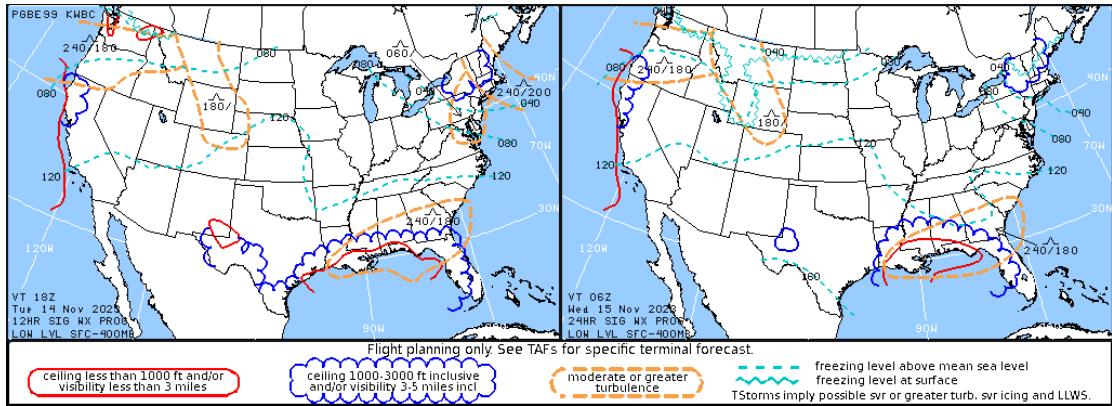


圖 9 由積冰席負責整合的低層顯著天氣圖。

(四) 亂流席 Turbulence Desk

負責美國境內的亂流預報、低空風切警報與地面強風警報。預報亂流可以透過幾種方法：

- (1) 強風和風向的變化是引起亂流的主要原因之一，可藉由看各層風合流、風切變的位置診斷。
- (2) Ellrod index & Ellrod-Knox index

Ellrod index 是藉由計算高空風水平變形及垂直風切預報晴空亂流的技術，而 Ellrod-Knox index(如圖 10)是在 Ellrod index 為基礎上多考慮了輻散趨勢的影響。



圖 10 在 250-150hPa 的高度範圍， Ellrod-Knox index 以彩虹色等值線呈現

(3.) Graphical Turbulence Guidance(GTG)

GTG 是以數值天氣預報資料作為大氣大尺度特徵的基礎，從中推導出小尺度亂流預報資訊。此驗算法集成了多個獨立的亂流診斷方法，每個診斷方法有不同權重，並加入實際飛機報告或觀測 EDR 核實模式結果。

(五) 能見度與雲幕席 VIS&CLD Desk

由在 AWC 有 40 年的工作經驗 Michael 為我們講解能見度與雲幕席運作。和氣象中心不同，美國是結合能見度與雲幕對飛航天氣分類如下表：

	能見度(SM)		雲幕(ft. AGL)
VFR (Visual Flight Rules)	>5	and	> 3,000
MVFR (Marginal Visual Flight Rules)	3~5	and/or	1,000~3,000
IFR (Instrument Flight Rules)	<3	and/or	< 1,000
LIFR (Low Instrument Flight Rules)	<0.5	and/or	< 500

Michael 主要使用三種產品來幫助決策：(1.) High Resolution ARW¹ (2.) NAM_32km² (3.) RAP³

然而不同模式有其強弱項，經驗上 High Resolution ARW 對於開放水域區域的預報較好，可以用來預報西岸加州外海。但當不同模式有分歧時也可以參考各區天氣辦公室發布的 TAFs 做決策。此外也要隨時守視飛機報告和各地 METAR 報文，當實際和預報有落差時要修正。

¹ High Resolution Advanced Research Weather Research and Forecasting Model

² North American Model

³ Rapid Refresh

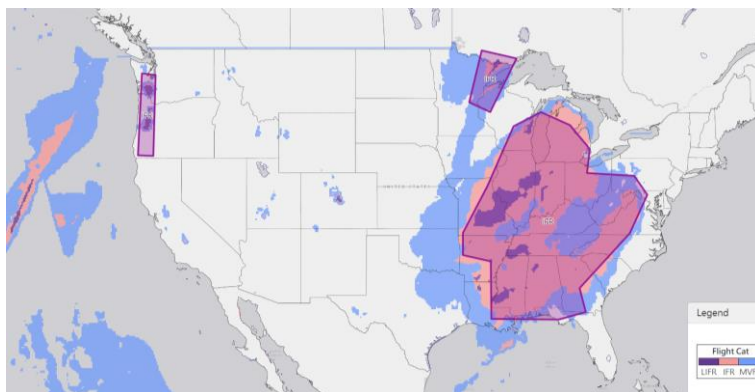
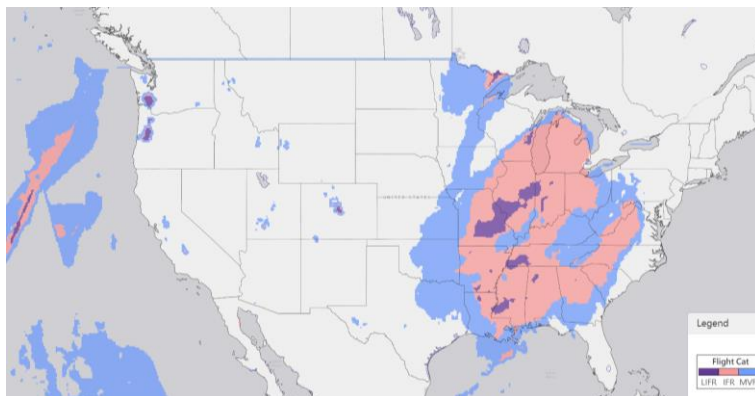
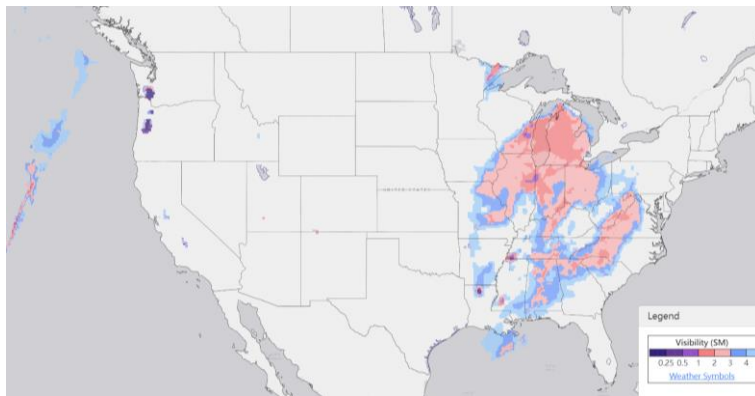
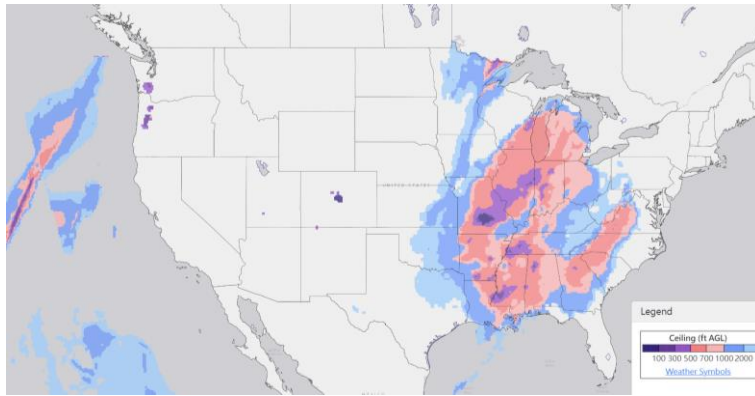


圖 11 由上而下分別為模式預報雲幕高度、模式預報能見度、模式預報飛航天氣分類及 G-AIREMT IFR 發布區域

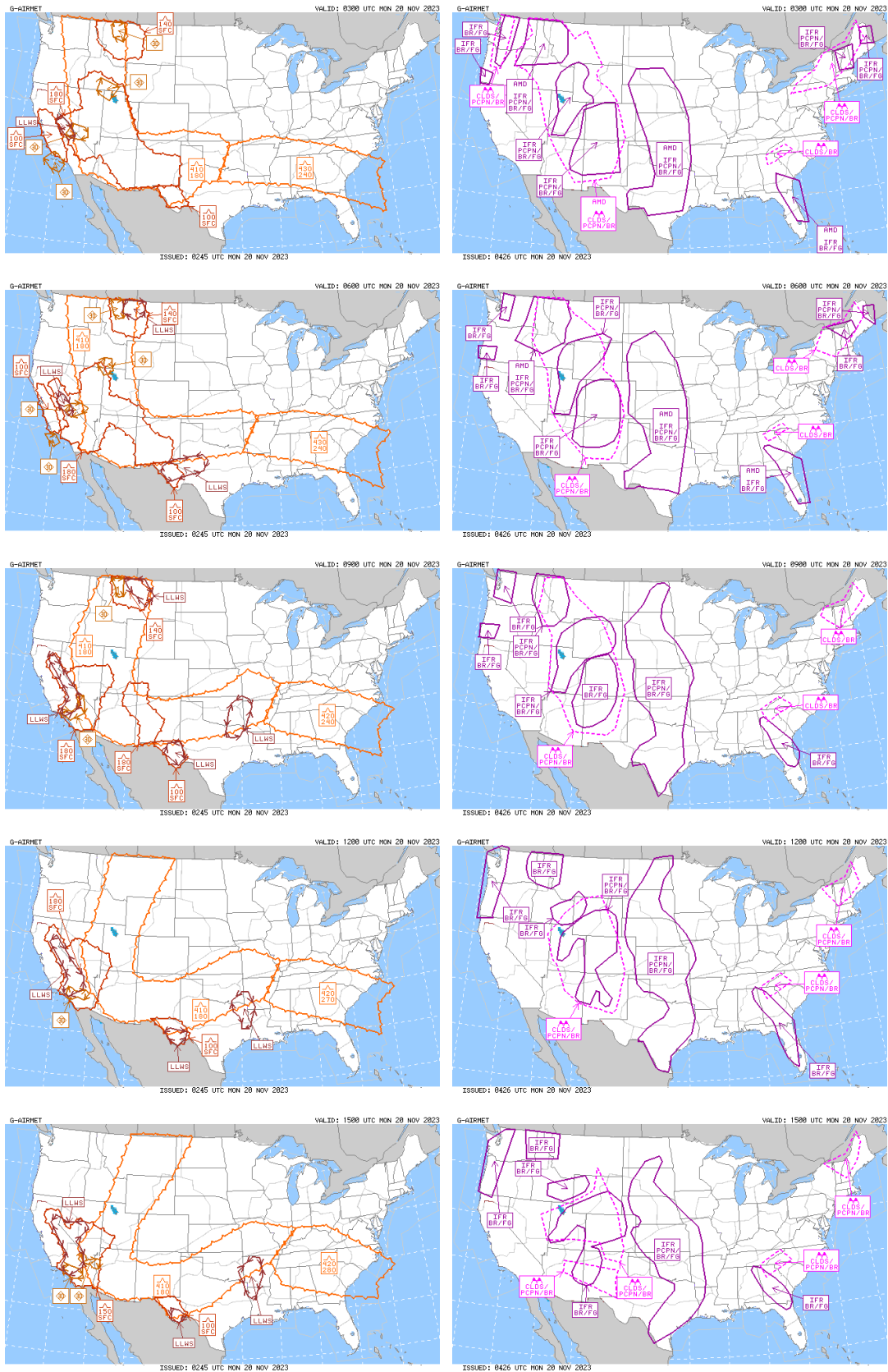


圖 12 G-AIRMET- 低空風切、亂流、地面風(左)

G-AIRMET -飛行分類、山脈模糊不清(右)

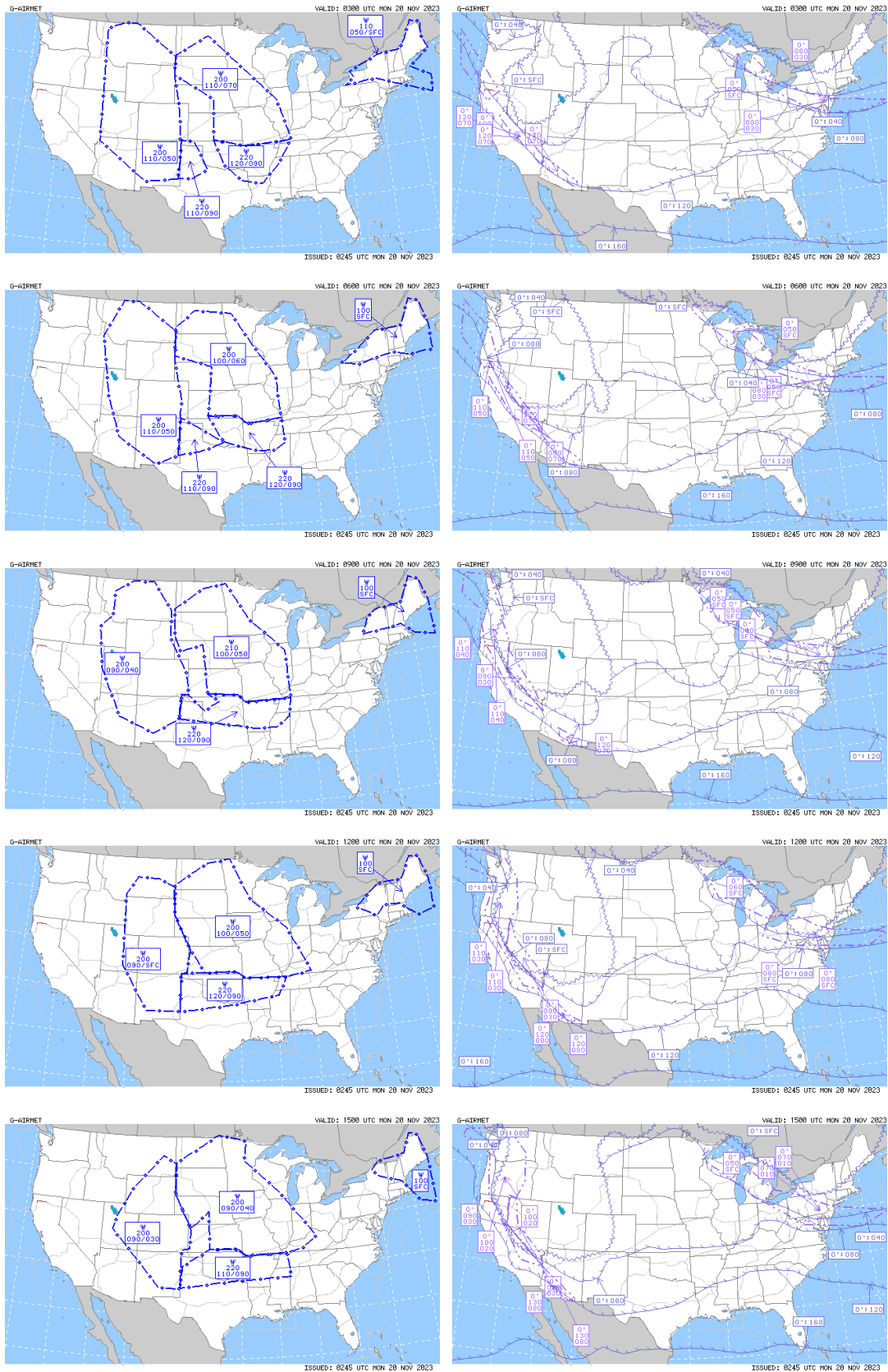


圖 13 G-AIRMET - 積冰(左)、結冰高度(右)

(六) 對流席 Convection Desk

對流顯著危害天氣(Convective SIGMET)是美國特有的顯著危害天氣種類。美國境內的對流顯著危害天氣由 AWC 對流席負責，發布範圍又細分西部、中部、東部地區(圖 14)。發布頻率為每小時 1 次，每次發布有效時間為 2 小時，並視需要添加 2-6 小時展望(Convective SIGMET Outlook)。因為發布時間頻繁，不會取消(CNL)也沒有修正報(AMD)，只會被下個小時的 SIGMET 取代。但如果有需要會發更正報(COR)。

發布條件：

- 任何對航空有重大影響的對流，具有強烈的雷達回波或明顯的閃電特徵。且預期持續時間達 30 分鐘以上。發布的形式可為線性或區域。
- 線性對流—雷雨胞須長 60 英里以上，且其中影響涵蓋 40%以上。
- 區域對流—區域須達 3000 平方英里以上，對流需涵蓋所繪區域的 40%以上。

若該地區沒有符合發布條件，會發布 CONVECTIVE SIGMET...NONE

對流在春末至初秋發生最為頻繁，夏季光單一區域一小時內就有機會發布達 20 個以上的對流顯著危害天氣，夏季此席位特別忙碌，然而我們拜訪的 10 月 17 日上午，美國境內對流非常安靜，一直到有個對流移入新墨西哥州，講座 Max 才有機會為我們實際展示發布對流顯著危害天氣(圖 15)，但大氣環境不佳，一小時後有消散跡象就不續發了。不過之後幾天又有機會來到對流席實習，剛好鋒面南移在東岸才有比較多系統可以分析。



圖 14 為美國境內 Convective SIGMETs 分區。以實線區分西、中、東部地區，而虛線則標示分區的緩衝區域。

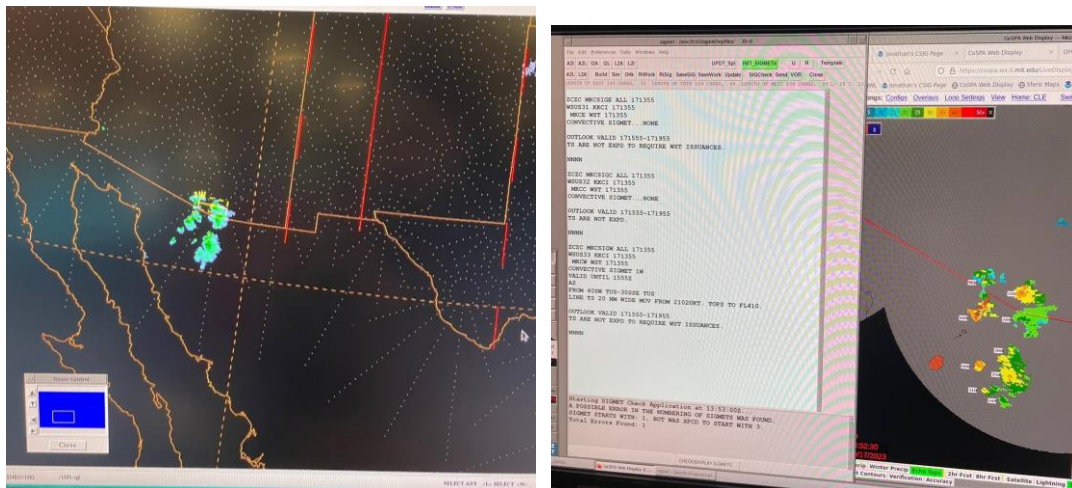


圖 15 左圖為位於新墨西哥州邊界的對流雷達回波。右圖左側文字為 Convective SIGMET 內容，右側畫面為 CoSPA 網頁回波疊加高度值資料。

(七) 空中交通流量管理對流預報席

Traffic Flow Management Convection Forecast (TCF) Desk

空中交通流量管理(Traffic Flow Management, TFM)，是指對空中交通的管理，在發生超出機場或航管處理能力的情況，協調、計畫航機使用空域，提供緩解措施，確保飛航的安全及效率。舉例來說如果當堪薩斯城國際機場(MCI)因龍捲風的關係必須關閉跑道，如此勢必會打亂原定的航機時刻表，等到開放的時候原本壓縮的航機全部湧入，機場勢必無法負擔，如何調度協調就是 TFM 管制人員的工作。對於以 MCI 為目的地尚未起飛的航機可以讓它們在地面等待延後起飛，而已起飛航行的飛機在等待進場要妥善分配空層維持安全，也可能要視情況安排部分航機轉降其餘機場或返航。在參觀 ARTCC 時，主任氣象學家 Walter 譬喻 TFM 的工作就像是在空中下國際象棋，是非常考驗能力的工作。

2021 年美國核心機場發生的延誤中，有 54.4%的比例是由於天氣因素。因此 AWC 對美國大陸及鄰近沿海水域的飛航情報區提供對流預報(TCF)，目的為協調策劃和策略管理航路管制提供有關天氣方面的指引。

此席位為負責繪製 TCF 圖，為季節性席位，在 3 月 1 日至 10 月 31 日由預報員繪製，其餘時間則由系統自動產製。TCF 圖每 2 小時發布一次，有效時間為發布後的 4、6 和 8 小時，非以有無閃電訊號為考量，預報對流須符合範圍、強度和發展高度特定最低標準時才納入。TCF 不會有修正報(AMD)或更正報(COR)。發布的形式可以分為區域與線性兩種：

---區域對流發布標準

1. 雷達反射率至少 40 dBZ
2. 對流發展高度超過 FL240
3. 符合 1&2 的對流至少佔所繪區域的 25%以上
4. 預報員對滿足標準 1、2 和 3 的信心至少達 50%以上
5. 發布區域要達 30 平方英里以上

---線性對流發布標準

1. 雷達反射率至少 40 dBZ，長度至少為 100 海浬(nm)
2. 對流發展高度超過 FL240
3. 具有線性覆蓋 75%或以上
4. 預報員對滿足標準 1、2 和 3 的信心至少達 50%以上

**若為系統自動產生 TCF 圖則只會發布區域對流，而沒有線性對流。

在發布產品之前，會在線上聊天室與加拿大氣象局、各地的 ARTCC CWSU、阿拉斯加、夏威夷天氣辦公室及各大航空公司的氣象學家進行交流。線上聊天室成員如有建議可以提出討論，但 TCF 席保有最終決策權。

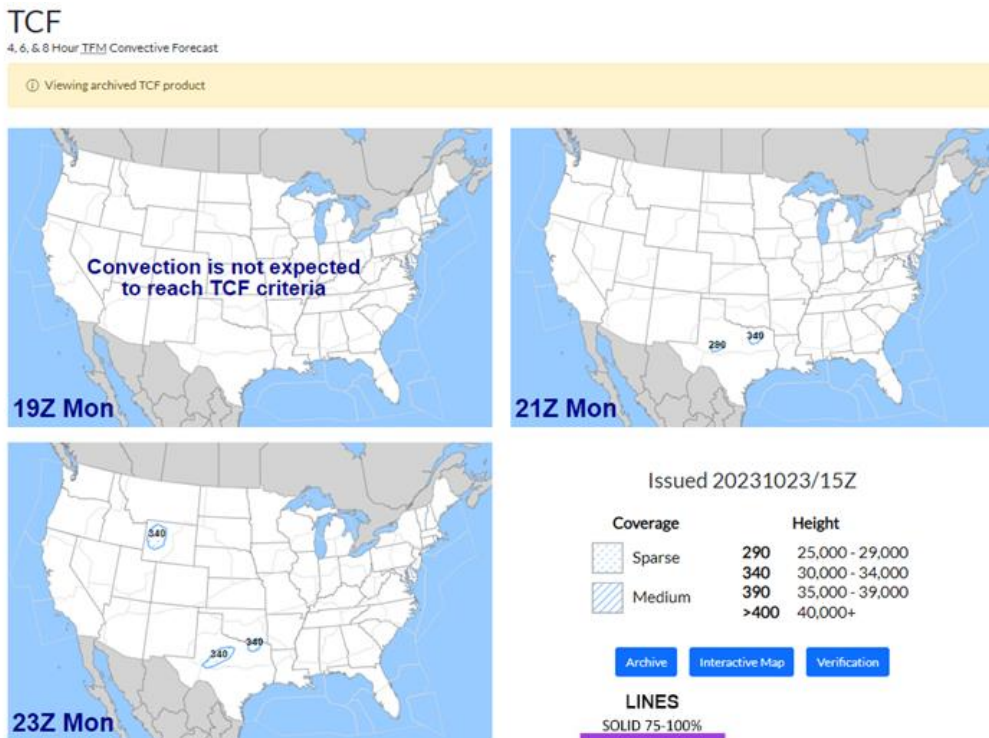


圖 16 10/23 15Z TCF 圖。Sparse 代表覆蓋(25-39%)以虛線表示。Medium 代表覆蓋範圍(40-74%)以斜實線表示。

三、美國航路管制中心(ARTCC)氣象服務單位(CWSU)

航路管制中心氣象服務席(CWSU)同屬於美國國家氣象局(NWS)地方分局，由聯邦航空總署與美國國家氣象局共同資助，設置於 FAA 全國 21 個航路管制中心(ARTCC)內，負責提供與航空有關的氣象資訊，提供飛行員及管制員即時的氣象訊息及對即將發生的氣象變化的分析，並與 AWC 協調機場和空域的預報和警報服務。

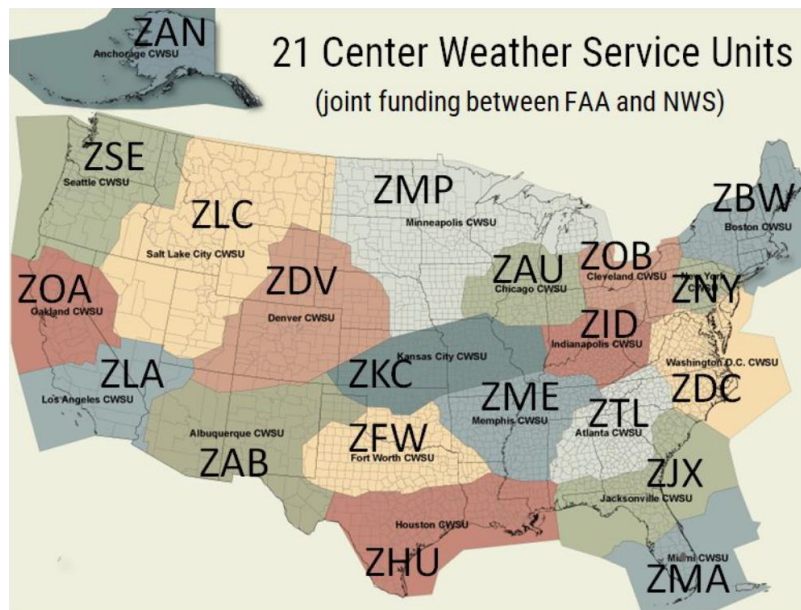


圖 17 全美航路管制中心氣象服務席分布及其負責範圍

10 月 19 日早上 6 點從飯店出發，並在 6:45 抵達。我們由堪薩斯市航路管制中心的主任氣象學家 Walter Otto 接待，經過嚴格的保安檢查後換證進入園區。在 7:45 的每日立會之前，Walter 向我們簡報了 ARTCC 的組織結構以及 CWSU 氣象預報員在其中所扮演的角色。

我們所參訪的堪薩斯市航路管制中心(ZKC)是美國 21 個 ARTCC 之一，位於美國中西部，管轄約 192,000 平方英里的空域，跨足 9 個州，並毗鄰 7 個航空航路交通管制中心。儘管 ZKC 內並沒有美國的主要核心機場，但它卻是連接國內東西岸機場必經之地，即便在 2022 年新冠肺炎疫情時期仍處理了 1,735,384 架次的飛行。

CWSU 席位每天有一名值班預報員，席位實行兩班制，分別為上午 5 點至

下午 1 點和下午 1 點至晚上 8 點，不設夜班。

在參與早班與航管人員的簡報立會後，接著由在 ZKC 服務近 13 年的資深預報員 **Chelsea Kenyon** 為我們進行席位導覽，解釋了席位主要的工作內容：

■ 對航管人員的天氣簡報

例行作業包括每天兩次與管制員的立會(stand-up briefing)，分別於上午 7:45 和下午 3:45，以及兩次與交通管制單位(Traffic Management Unit, TMU)的簡報。

■ 提供 TCF 資訊

與 AWC TCF 席於線上聊天室進行 TCF 預報討論。作為在地天氣預報單位能提供 AWC 地方資訊與見解，以利提供航空相關人員更好的氣象預報。若兩方意見不同時，會由 AWC 方做最後決定。

■ 發布航空中心氣象警報(Center Weather Advisory, CWA)

航空中心氣象警報是一項非定期發布的天氣警報，有效期最多為 2 小時。由飛行員報告或經 CWSU 判斷，當負責空域符合或接近 SIGMET、AIRMET 標準的條件時，現有 SIGMET、AIRMET、TCF 有未涵蓋或未發布的區域，CWSU 可以藉發布航空中心氣象警報補充相關天氣要素的位置、移動、範圍或強度。

臺北氣象中心每日也會固定對航管、區管同仁進行簡報。然而，近年來我們收到了一些負面反饋，因此我們尋求 **Chelsea** 在天氣簡報技巧方面的指導。**Chelsea** 過去曾在民營電視台擔任 3 年氣象播報員，擅長將管制員所需資訊簡易明瞭的透過簡報傳達。她表示：瞭解對方需求後，提供簡報時精簡化，專注呈現重要資訊，才能符合彼此最佳利益。

而航空氣象服務席的辦公室和管制員作業室在同空間，平常和管制員的交流頻繁。**Chelsea** 在早班開始前有時會和管制員聊天，因為夜間飛機報告比較少，但管制員總是與飛行員保持通訊，**Chelsea** 會主動向她可能關心的區域的負責航線管制員詢問飛行員是否有抱怨遭遇顛簸等狀況，以補充未能從飛機報告中獲得的資訊。

此外在感恩節及聖誕節等大型節日附近，通用航空飛行員(ga pilot)會大量出現。由於通用航空飛行員使用的小型飛機設備不如商用飛機完善，且駕駛通常不以飛行為職業，因此飛行技能容易生疏。在緊急狀態下，他們可能容易因慌張而不知所措。Chelsea 就曾與管制員協同應對遇到狀況的通用航空飛行員。例如在冬季遇到層狀雲積冰時，她能夠提供建議的飛行高度讓它脫離積冰的狀態，指示適合降落的機場，以確保安全飛行。

四、天氣預報辦公室(WFO)

天氣預報辦公室(WFO)隸屬於美國國家氣象局(NWS)地方分局，全美各地共有 122 個天氣辦公室，負責提供所在地區的氣象服務及區域終端機場天氣預報(TAFs)。

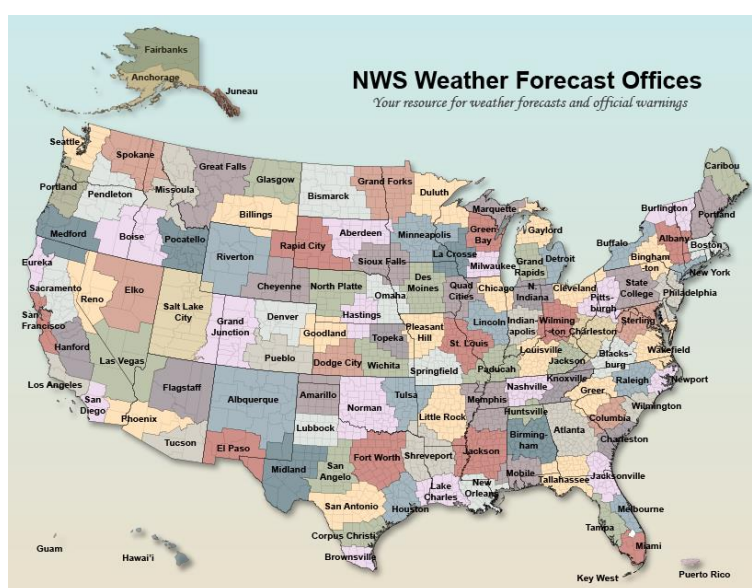


圖 18 全美天氣預報辦公室分布及其負責範圍

10 月 20 日早上 7 點離開飯店，與 Paul 和 Debra 一起前往位於 Pleasant Hill 的堪薩斯市天氣預報辦公室(EAX)。天氣預報辦公室與全美 12 個河流預報中心之一的密蘇里盆地河流預報中心(Missouri Basin River Forecast Center)共同設於同一地點。氣象預報辦公室主任 Melissa Kreller 熱情的接待我們，介紹工

作環境與同仁，並說明氣象預報辦公室的工作職責。



圖 19 堪薩斯市天氣預報辦公室(EAX)外觀

EAX 主要負責北部、西部密蘇里州以及堪薩斯州東北部的區域性氣象預報和警報服務。包含提供區域性的短期和中期氣象預報，如每日天氣預報、氣溫、降雨機率、風速...。監控區域內災害性天氣，如颶風、龍捲風、暴雨、洪水...視影響範圍及程度發布災害警報。另外還有維護地面氣象站、雷達。有時候也會接受指派對特別的活動進行重點天氣預報。另外也會提供決策支援服務 (Decision support service, DSS)，通常一天兩次，天氣不好的時候會增加更新的頻率，預報有變化也會隨時更新。

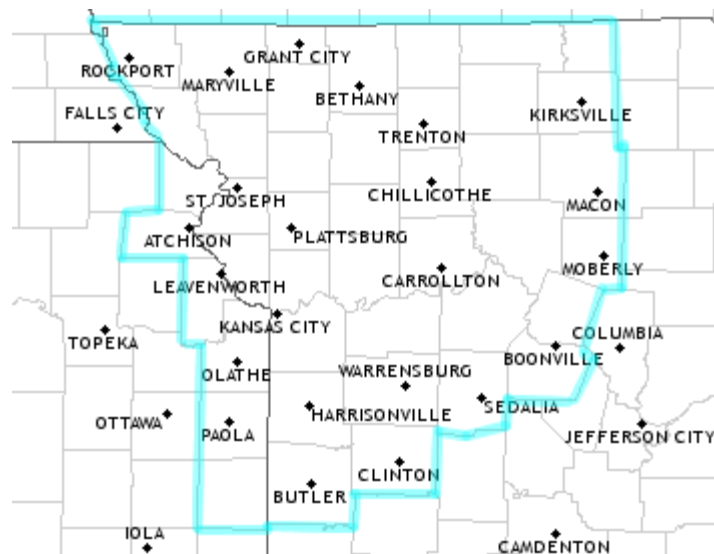


圖 20 淺藍色線標示為 NWS Kansas City/Pleasant Hill, MO 負責區域。

此外堪薩斯市天氣預報辦公室也負責編發區域內 4 個機場 KSTJ、KMCI、KMKC、KIXD 的終端機場天氣預報(TAFs)。

預報員介紹如何使用航空氣象預報製備系統 Aviation Forecast Preparation System(AvnFPS)產製終端機場天氣預報。AvnFPS 是國家氣象局(National Weather Service, NWS)的氣象預報辦公室(Weather Forecast Offices, WFO)使用的一套專門於航空氣象的天氣預報系統。透過系統能將模式預報產品自動編報成符合 ICAO 指導下的 TAF 格式，預報員能在此基礎上根據自身經驗以及判斷增減報文內容。系統也會將機場氣候統計資料與 TAF 產品進行比較，評估 TAF 中天氣要素的氣候頻率供預報員參考。此外系統也能執行語法檢查，以避免有錯誤或不當的格式。在發送出去前，也會透過 slack 聊天室與 ARTCC 的 CWSU 討論 TAF 是否有需要更動。在發送後，預報員能透過 AvnFPS 監控 TAFs 是否與實際天氣相差過大，在達到所設門檻後系統也會透過改變燈號提醒預報員修改 TAF。AvnFPS 能幫助預報員守視天氣狀況並製作航空氣象預報，提供的監控畫面使預報員能夠迅速且持續地獲得對航空預報以及相關觀測的回饋資訊。

除了 TAFs 外，他們也會在區域預報討論(Area Forecast Discussion) 中增添對航空氣象的描述。這是因為有時在機場附近可能存在天氣系統，但這些系統不一定會移動到機場，因此在 TAFs 上無法描述。儘管如此，這些天氣現象仍然可能對進場的飛機產生影響。因此透過在區域預報討論中添加相關預報，能夠提供更全面的氣象資訊。

&&

.Aviation...(For the 12Z TAFS through 12Z Tuesday Morning)
Issued at 608 AM CDT MON OCT 23 2023

VFR conditions are currently forecast to prevail through the period. Gusty south winds will persist through much of the day and into the evening. This morning and afternoon, sustained south winds around 15 **kts** with frequent gusts 25 to 30 **kts** are expected. **Scattered** showers continue to move across the KC **Metro** area this morning, with the potential to impact KMCI, KMKC, and KIXD. At this time, do not anticipate any drop to **MVFR vis** or ceilings given **obs** trends to the west. Also, given widely **scattered** nature, will not mention prevailing **-RA** at this time. This activity is expected to linger through late morning.

&&

圖 21 參訪日的區域預報討論

參、心得及建議

1. 持續派員出國研習航空氣象預報技術

本次研習為時隔九年後再次參訪美國航空氣象中心，除了解美國最新氣象預報技術、模式預報產品及預報作業環境現況，亦與研習單位的預報員學習預報技術與交流工作心得。建議民航局持續派員至美國 AWC 研習，除了能提升預報專業能力和學習預報新知，更可使我國的航空氣象預報技術持續與國際接軌。

2. 持續引進最新航空氣象預報作業所需參考資料

在席位見習期間，常見 AWC 預報員從其預報作業系統中取得各類以新概念或技術發展之觀測及模式資料，作為發布警報或繪製預報產品的輔助工具。例如搭載在 GOES-16 衛星(2016 年發射)上的 Geostationary Lightning Mapper(衛星反演閃電頻率)產品，該產品幫助 AWC 預報員能更有效率的判斷目前雷暴的集中區域，供 AWC 預報員規劃出對飛行效率更有幫助的警示區域。因本區衛星目前無類似產品，目前仍參考雷達回波門檻值或閃電分布後發布警報。此外積冰預報中，AWC 預報員除積冰演算法外，也可透過 0~-20°C 色調強化紅外線衛星雲圖(圖 22)及飛機報告判斷積冰現在及未來可能位置，本區目前主要以 NCAR 發展積冰演算法判斷積冰可能區域。本總臺透過與交通部中央氣象署、日本氣象協會合作協議及 AOAWS-RU 建置案，引進各類預報作業所需參考資料，建議持續關注國際最新預報技術，並透過現有或其他管道引進各類模式資料與衛星產品供航空氣象預報作業使用。

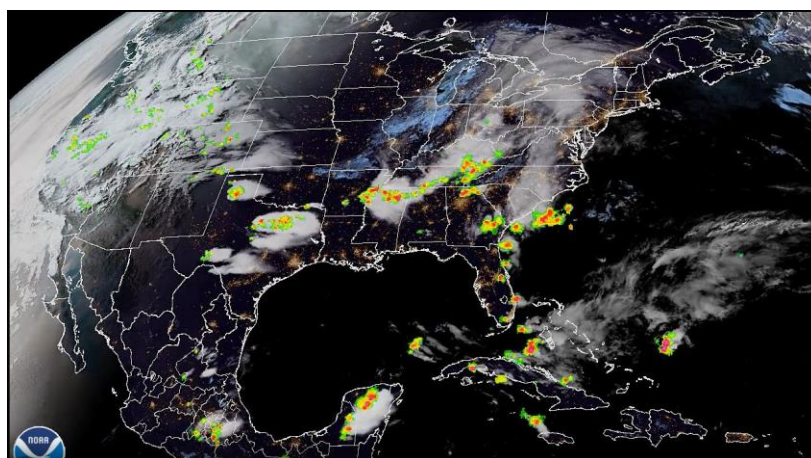


圖 22 Geostationary Lightning Mapper(衛星反演閃電頻率)

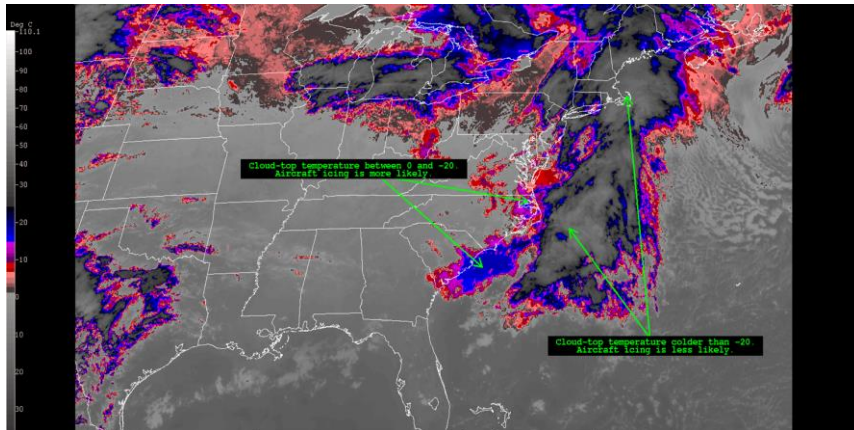


圖 23 0~-20°C 色調強化紅外線衛星雲圖

3. 建置產品看板(Production Dashboard)以利掌控預報產品發布時間。

AWC 因有 8 個席位，且產製預報產品眾多，每項預報產品均需於一定時間內發布，為利於掌握各席位產品發布時間，因此建置產品看板供監看及互相提醒。該看板可顯示產品預計發布時間，以及發布時間前 10 分鐘尚未發布提醒(黃色)，發布時間前 5 分鐘尚未發布提醒(橘色)，發送成功提醒(綠色)，未準時發送時將以紅色顯示(圖 23)。透過產品看板能使預報員對目前預計發布的預報產品時間一目了然，當預報員發現預報產品燈號顯示變色時表示該產品可能忘記發布或發布失敗。中心目前僅航空例行天氣報告(METAR)及終端機場天氣預報(TAF)有遲發報監控系統，其他預報產品(如 SIGWX、起飛預報等...)仍多由各席位自行及督導協助管控，缺乏統整性的視覺化顯示介面，建議氣象中心參考該看板設計，將各席位例行性產品納入，規劃建置產品看板以利減少產品發布延遲或發布失敗的機會，持續強化氣象服務品質。

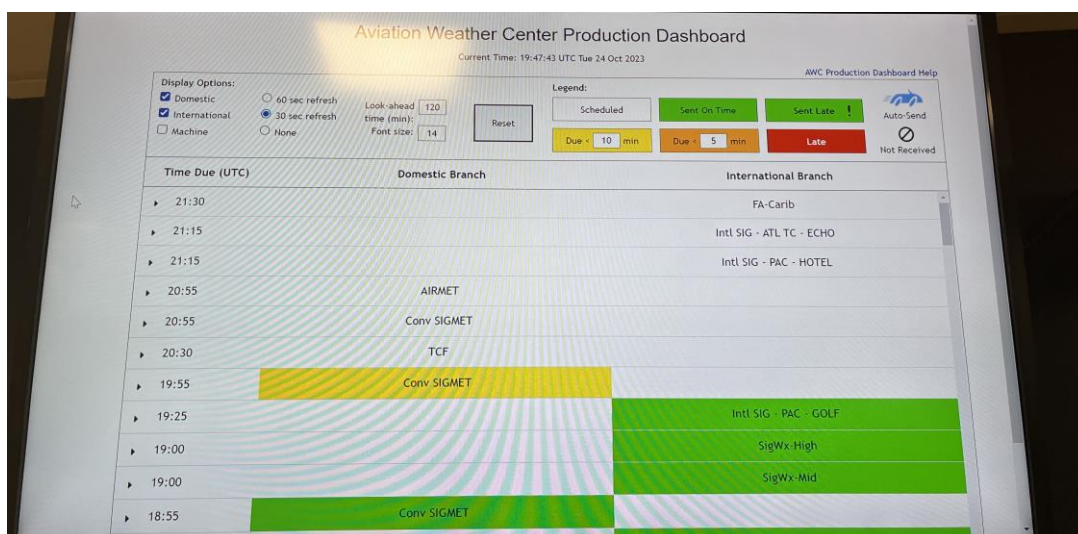


圖 24 產品看板(Production Dashboard)

4. 推廣飛機報告(PIREP)的重要性

美國航空氣象預報單位十分重視飛機報告，除一般管制員通報管道外，在 AWC 官方網站上也設立飛機報告頁面供駕駛回報飛航時所遭遇之危害天氣，其原因為積冰及亂流等危害天氣現象皆缺乏實際的偵測機制，難以驗證危害天氣警報的正確性，因此透過飛機報告不僅能有效驗證警報的正確性，也能觀察到危害天氣移動及強度變化之趨勢。本次參訪 ARTCC 時，氣象人員除對航管人員每天例行性天氣簡報外，在季節變化間也會適時增加簡報內容持續提醒航管人員有關飛機報告的各項分類及須即時回報的飛機報告。建議氣象中心未來亦可透過對航管天氣簡報或對航管人員及航空公司授課時，強調飛機報告之重要性，以加強本總臺對飛行危害天氣之掌握性。

5. 持續關注下一代世界區域預報系統(WAFS)資料改變之影響

由於 AWC 為世界區域預報中心之一，本次研習就下一代世界區域預報系統(WAFS)資料變化之影響與 AWC 進行意見交流，包括網格點預報(Grib2)解析度的改變、顯著天氣(SIGWX)預報有效空層與地區的變化及傳播系統(delivery system)的差異。建議本中心持續追蹤並彙整相關資訊後，後續就系統面及服務面可能發生之境詢各相關單位並及早研擬因應方案。