

天氣資訊在航路管制作業上之應用

王崑洲

摘要

危險天氣對航機會造成安全上的危害，也會限制飛航情報區的可用空域，以及減少航路管制作業的能力。為了減輕這些影響，如何將天氣資訊及時、準確的提示給航路管制員是非常重要的工作。目前國際間的航路管制員已經可以自天氣顯示工作站取得定制化之各種不同天氣資訊，而且應用這些天氣資訊，航路管制員不但不會因管制更多航機，而相對應的增加工作量。本文主要是介紹國際間氣象與航管的關係，以及航路管制應用天氣資訊的介面及內容，以為本區飛航服務作業之參考。

關鍵詞：天氣資訊、航路管制

一、前言

交通部民用航空局飛航服務總臺為了增進臺北飛航情報區航路管制員對管制空域內短時天氣變化趨勢的掌握，計劃於 2011 年下半年配合北部飛航服務園區航管作業大樓正式啟用後，將由所屬臺北航空氣象中心每天固定提供臺北區域管制中心及臺北近場管制臺航路管制員 2 次天氣簡報。為了讓這項工作的執行獲致成效，航空氣象預報員及航路管制員實有必要先瞭解彼此的作業狀況及需求，做好事前準備及訓練工作，以達到簡報之工作目標。本文主要是介紹國際間氣象與航管的關係，以及航路管制應用天氣資訊的介面及內容，以為本區飛航服務作業之參考。

二、氣象與航管

影響飛航安全的因素中，飛行技術、航機維修、飛機導航都可經由訓練、品管及考核等方法予以確保及控制，惟天氣因素之影響，最難在事先予以評估和預防；因此，亂流、風切、視障、雷擊、積冰...等對航機易生危害之惡烈天氣的氣象測、預報資料的即時傳遞，對航機而言非常重要。

但是這些天氣資訊如何有效傳遞給飛行員知道，飛航管制單位（Air Traffic Control；ATC）扮演非常重要的角色。因此，如何讓飛航管制人員熟悉及應用各項天氣資訊以管制航機的飛行是一項重要的工作。

根據美國運輸安全部（National Transportation Safety Board；NTSB）飛航資料統計顯示，危險天氣在很多情況下，會影響國家的飛航空域系統（National Airspace System：NAS），它們除了對航機會造成安全上的危害外，也限制了飛航管制的可用空域，以及減少 NAS 作業的總體能力。為了減輕這些影響，如何將天氣資料及時、準確的提示給飛行員、簽派員和航路管制員的研究，從 2003 年開始就已經廣泛的被美國民航及氣象專家提出。根據研究結果顯示，當航路管制員從天氣工作站獲知有風暴運動的預測，會比沒有風暴運動預測的情況下，平均增加 6-10 % 的管制能量。但是，航路管制員並未因管制更多的飛機，而相對應的增加工作量（*Ahlstrom & Friedman-Berg, 2006*）。以飛安的角度看，航路管制員有責任維持航路上的所有飛機遠離嚴重和極端嚴重的降水區域，亦即避免遭遇到惡劣天氣的危害。

飛航管制分機場管制（Terminal Aerodrome Control；TAC）、終端雷達進場管制（Terminal Radar Approach Control；TRACON）及航路管制（Air Route Traffic Control；ARTC）三種。每種管制因任務不同，需求之天氣資訊也有所差異。根據國際民航組織（International Civil Aviation Organization；ICAO）的標準，TAC 需要機場天氣觀測、機場天氣預報、機場警告和風切警告；TRACON 需要機場天氣觀測、機場天氣預報、機場警告和風切警告、飛航情報區的高空風和溫度預報、地面至 45000 英尺間航路顯著危害天氣資訊、10000 英尺以下低空危害天氣資訊和駕駛員報告；ARTC 則需要機場天氣觀測、飛航情報區的高空風和溫度預報、地面至 45000 英尺間航路顯著危害天氣資訊和駕駛員報告。

根據 ICAO 2003 年調查亞太國家氣象支援飛航管理 (Air Traffic Management ; ATM) 的情形，由表 1 可以看出總計有機場天氣報告 (METAR/SPECI)、機場天氣預報 (TAF)、降落天氣預報 (Landing Forecast)、風和溫度預報圖、跑道地面狀況、熱帶氣旋與火山灰警告、顯著天氣警告 (SIGMET/AIRMET)、天氣雷達圖、雷暴雨即時雷達預報圖、衛星雲圖、飛機報告 (AIREPORT)、中、高層顯著天氣圖 (SIGWX CHARTS)、積冰預報圖、亂流預報圖、延伸航程預報、氣候資料及客制化簡報等 18 項天氣資訊及 2 項簡報作業分別使用在流量管理 (Capacity flow management)、終端/機場管制 (Terminal/Airport ATC)、航路管制 (En-route ATC) 及空域組織和管理 (Airspace organization and management) 上 (CNS/MET-ATM-WP/17,2003)。這些資訊或服務會依需求透過紙本、網頁、航空固定通信網路 (AFTN)、FTP 伺服器網站、傳真電話、區域網路及簡報等不同型式提供給飛航管制人員，以利其掌握管制空域內機場及航路之天氣概況，進而保障航機飛行安全與運行效益。

三、航路管制應用天氣之介面

目前在國際間運行的飛航管理系統 (ATMs) 應用天氣資訊通常採用的是人工和顯示介面兩種方式。所謂人工介面指的是由區域管制中心的天氣服務人員將空域的天氣資訊主動提示給飛航管理、飛航督導及航路管制員做為飛航管理運用。而顯示介面指的是沒有天氣服務人員，航路管制員所需之天氣資訊直接由天氣顯示工作站取得。但為增加空域使用效能及自動化管理決策，美國自 2009 年以後逐漸開發系統介面來加強目前人工及顯示介面之不足，如圖 1 所示。所謂系統介面指的是將航空氣象產品顯示系統與飛航管理系統的介面整合，其概念是先建立會造成飛機偏航的天氣模組 (Pilot Weather Deviation Model)，將此模組與四維的天氣資料 (4D weather) 整合進入 ATM 系統中的空域和運作模組 (Airspace and Operational Models)

中，ATM 系統會依據天氣影響空域容量之情勢，提供航機應避開減低效能之區域或空域等資訊，最後還會應使用者要求，回應飛行策略（Response strategies）之建議，以降低飛行風險及增加飛行效益，圖 2 是美國新一代 ATM 應用天氣資料的流程概念（*NAS Operations Subcommittee Research, Engineering and Development Advisory Committee, 2007*）。

為使 TRACON 及 ARTCC 的航路管制員充分了解航區之天氣分布及變化，現今很多國家在區域管制中心設有天氣服務席負責天氣監視、資訊傳遞與解說工作，如美國 CWSU（Center Weather Service Unit）；另有些國家則由氣象單位每天透過電話定時或不定時向區域管制中心的航管督導做簡報，如日本國際機場航空氣象臺。目前在區域管制中心的天氣服務席的主要工作大略有以下幾項：(1) 提供顯著天氣訊息；(2) 提供一般天氣訊息；(3) 提供 0-12 小時火山灰天氣影響圖文報告；(4) 提供危險天氣及緊急飛機報告；(5) 提供 0-2 小時天氣警告；(6) 提供 2-12 小時天氣影響報告；(7) 提供天氣簡報。

四、航路管制應用之天氣資訊

目前國際間航路管制應用之天氣資訊有(1) 降水資訊（Precipitation）；(2) 風和溫度資訊（Wind and Temperature）；(3) 天氣警告資訊（Weather Advisories）；(4) 飛機報告（Pilot Reports）；(5) 天氣觀測資料（Weather Observations）等 5 項（*DOT/FAA/TC-07/08, 2007*）。以下將簡單介紹這些天氣資訊之作用。

（一）降水資訊

目前大多數國家的航路管制員使用氣象雷達降水回波圖以獲知中度（30-40dBz）、嚴重（40-50dBz）及極端嚴重（50dBz 以上）等三層降水資訊，如圖 3 氣象雷達降水回波圖顯示 30dBz 以上之強降水區域。此外，航路管制員可依管制需求，對不同的飛行高度層預先選定顯示之降水強度。

通常設定四個高度層分別為 0-60000FT、0-24000FT、24,000-33,000FT 及 33,000-60,000FT。

當管制下之航空器近鄰降水區域時，航路管制員除可使用這些降水資訊及時通知航空器飛行員有關嚴重降水的覆蓋範圍和高度外，還可建議航空器之航向及飛行路線，以避開惡劣天氣。所以提供氣象雷達降水資訊給航路管制員是非常重要的工作。

(二) 風和溫度資訊

ATM 系統需要固定高度層的風場、溫度場及氣壓場等預報資料，以決定空域之最低轉換空層 (Transition Level; TL) 及航機隔離距離，進而確保空域流量管理之效能。這些資訊目前通常由全球或區域氣象數值預報模式系統每天 2 次或 4 次自動提供地面至 45000 呎高度每小時網格點預報資料給 ATM 系統使用。

(三) 天氣警告資訊

航路管制員接收氣象單位所發布的颱風、大風、雷暴雨、亂流、積冰、山岳波、火山灰...等顯著危害天氣警告資訊 (SIGMET / AIRMET) 後，除第一時間將這些重要天氣資訊透過 ATIS 或 D-ATIS (Digital Automatic Terminal Information Service) 自動語音廣播給飛行員知道外，還可事先規劃航路及飛航空層，以協助航機避開危險天氣之空域，確保航機之飛航安全。

(四) 飛機報告

飛機報告 (PIREPs) 對於瞭解航路正在發生危險天氣非常有用。航路管制員透過無線電通訊與飛行員連繫接收 PIREPs 或透過其他航路管制員的資訊傳遞或從其他天氣工作站取得。航路管制員使用 PIREPs，除轉送資料給相關航機和其他航路管制員外，亦應轉送給氣象單位做為發布 SIGMET 或 AIRMET 之用，以提醒後面航機注意或避開危險天氣區域。

(五) 天氣觀測資料

航路管制員需要知道起飛機場、目的機場、備降機場及航路備降機場等機場之定時天氣觀測報告 (METAR) 及不定時天氣觀測報告 (SPECI)，以做為流量管理之用。

因此，航空氣象預報員的航路天氣簡報內容可依上述資訊做為講解範圍，以增進航路管制員對航區天氣短時變化之瞭解與掌握。

五、結語

由國際航空氣象服務近年來的發展趨勢看，現今航空氣象的科技已經有能力支援航路管制作業所需之各種不同天氣資訊如降水、風力信息、天氣公告以及天氣觀測等。這些天氣資訊可以直接由管制席位上的天氣顯示工作站獲得，而且在每一指定的區域內，航路管制員亦可以定製顯示器以顯示不同類型的資訊，如動態天氣 (weather loops)、風變預報，雷暴運動預報，積冰預報、亂流預報..等。所以可預見的未來，不論是國際或國內，航空氣象與航路管制間的合作關係將越來越密切，由航空氣象單位提供及時、準確的天氣資訊給航路管制單位也將越來越受到重視與期待。

參考文獻

- Ahlstrom, U., & Friedman-Berg, F.,2006 : TRACON controller weather information needs: III.Human-in-the-loop simulation (DOT/FAA/TC-06/10). Atlantic City International Airport, NJ: FAA William J. Hughes Technical Center .
- CNS/MET-ATM-WP/17,2003 : MET REQUIREMENTS FOR ATM, Seventh Meeting of CNS/MET Sub-Group of APANPIRG and Tenth Meeting of CNS/ATM IC Sub-Group of APANPIRG.
- NAS Operations Subcommittee Research ,Engineering and Development Advisory Committee,2007 : Aviation Weather-Air Traffic Management Integration Study Final Report.
- DOT/FAA/TC-07/08, 2007 : Weather Information for En Route Controllers , Technical Report.

Product/Information/Service	ATM Use*	Usual Source	Format/Delivery
1. OPMET – TAF/Landing Forecasts	A, B	Local Met office**	Text - web, AFTN, FTP
2. OPMET – Winds/Temps	A	WAFS	Grib
3. Winds/Temp	A	Local Models	Graphical - web
4. Tropical Cyclone Advisories/Volcanic Ash Advisories	A	TCAC/VAAC	Text – web, AFTN, FTP, fax
5. TC/VA information - Enhanced (graphical/extended/more detailed)	A	Local met office/TCAC	In-Person Briefing, verbal, text, graphical – web, fax, in person, telephone.
6. SIGMET/AIRMET	A, B, C	Various	Text, graphical – AFTN, FTP, web
7. Routine Tailored Briefing products***	A	Local met office	Text, verbal/graphical – web, FTP, fax, telephone
8. Ad hoc briefings	A	Local met office	Verbal, in-person – phone, in-person
9. Met presence in ATS Unit	A, B, C, D	Local met office	Verbal, graphical - In-person
10. OPMET – METAR/SPECI	B	Local met office	Text - web, FTP, AFTN
11. Current/recent surface conditions	B	Local met office	Text, graphical – web, FTP, dedicated displays
12. Weather Radar	B	Local met office	Graphical – web, local area network
13. Derived radar thunderstorm nowcasts	B, C	Local met office	Graphical – web, local area network
14. Satellite cloud imagery	B, C	Local met office	Graphical - web
15. Aircraft/Pilot reports	B, C	Aircraft	Text, graphical – AFTN, FTP, web
16. SIGWX – High	C	WAFS	Graphical - web
17. Medium	C	Local/regional	Graphical - web/fax
18. Icing Charts	C	Local model	Graphical - web, FTP
19. Extended range forecasts	D	Local met office	In-Person Briefing, verbal, text, graphical – In-person, telephone, fax, web, FTP.
20. Climatological information	D	Various	Graphical, text – web, mail.

*A – Capacity/flow management, B – Terminal/Airport ATC, C – En-route ATC, D – Airspace organisation and management

** The expression “local met office” is used to represent a meteorological office responsible for the provision of MET for a given location or airspace.

***Tailored briefing products refer to a number of products providing MET related to critical thresholds relevant to ATC operations.

表1：2003年ICAO調查亞太國家氣象支援飛航管理（ATM）概況

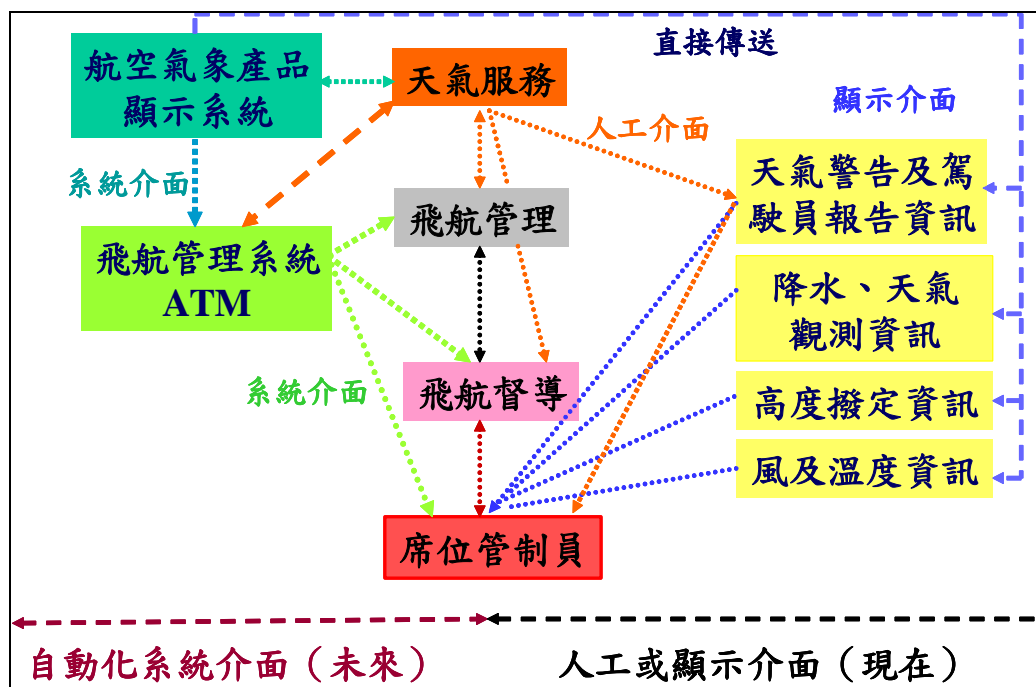


圖1：飛航管理系統（ATMs）應用天氣介面

Weather Translation into ATM Impacts

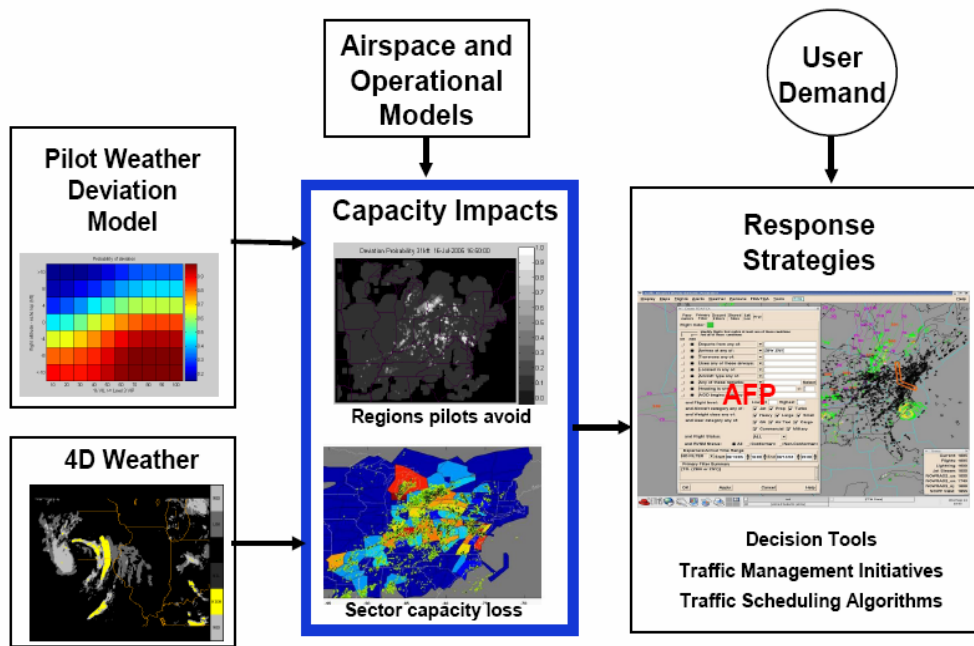


圖 2：美國新一代 ATM 應用天氣資料的流程

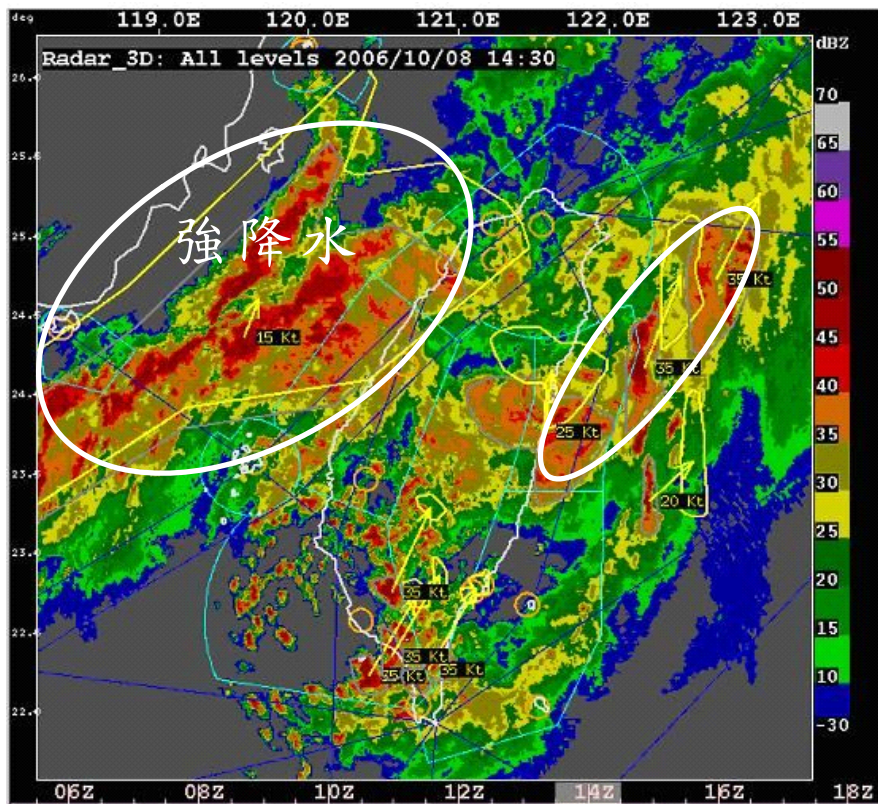


圖 3：臺灣地區氣象雷達降水回波圖