

出國報告(出國類別：其他)

美國國家空域系統作業觀摩訪問  
暨  
出席航空氣象現代化作業系統氣象技術增  
強計畫協調會議出國報告書

服務機關：交通部民用航空局飛航服務總臺

姓名職稱：陳海根 副主任

張翠分 課長

許依萍 主任氣象員

簡義逢 管制員

派赴國家：美國

出國期間：100年10月11日至17日

報告日期：100年12月17日

列印

## 提要表

系統識別號：	C10004492					
計畫名稱：	美國國家空域系統作業觀摩訪問暨出席航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫協調會議					
報告名稱：	美國國家空域系統作業觀摩訪問暨出席航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫協調會議出國報告書					
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
	陳海根	交通部民用航空局飛航服務總臺	臺北航空氣象中心	副主任	薦任(派)	
	許依萍	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)	
	張翠分	交通部民用航空局飛航服務總臺	飛航業務室	課長	薦任(派)	聯絡人 tfchang@msl.anws.gov.tw
	簡義達	交通部民用航空局	飛航服務總臺臺北近場管制塔臺	管制員	薦任(派)	
前往地區：	美國					
參訪機關：	美國國家大氣研究大學聯盟，丹佛區管中心，丹佛終端雷達近場管制臺，丹佛國際機場塔臺					
出國類別：	考察					
出國期間：	民國100年10月11日至民國100年10月17日					
報告日期：	民國100年12月17日					
關鍵詞：	航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫，美國國家空域系統					
報告書頁數：	32頁					
報告內容摘要：	<p>為提昇臺北飛航情報區之航空氣象服務品質，提供符合民航業者需求之航空氣象產品，交通部民用航空局自民國86年7月起推動航空氣象現代化計畫，委由美國大氣研究大學聯盟(NCAR)建置航空氣象現代化作業系統(AOAWS)，並於民國91年7月完成系統建置。其後為持續引進新一代航空氣象預報及資料整合技術，民航局復自民國95年至99年進行為期5年之「航空氣象現代化作業系統強化及支援計畫」(AOAWS_ES)，透過前述兩階段共為期10年之航空氣象現代化計畫，已明顯改善本區航空氣象預報準確率和飛航服務品質。為持續增強AOAWS系統預報產品，達成產品高度客製化服務，民航局自100年起執行為期四年之「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」(AOAWS_TE)，該計畫為AOAWS系統第三階段計畫，期能透過與飛航安全及飛航效率有密切關係之天氣現象(如積冰、亂流偵測預報及低空風切警告)技術的增強與檢測，提升並加強危害天氣資訊在飛航管制上的應用。為有效監督及管理「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」，民航局特派員赴美出席年度協調會議，由臺美雙方就年度工作項目之執行進度、驗收規劃以及明(101)年度工作項目進行討論。此外，為了解美國國家空域系統(NAS)先進之航空氣象作業概念及關鍵技術，另亦透過美國大氣研究大學聯盟之安排，參訪美國聯邦航空總署所屬丹佛航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)、丹佛近場雷達管制單位(Terminal Radar Approach Control, TRACON)以及丹佛機場管制塔臺等航管單位，透過實地訪查，了解美國國家空域系統、最新航空氣象產品於航管作業上之應用及相關技術的發展情形。</p>					
電子全文檔：	C10004492_01.doc					
出國報告審核表：	C10004492_A.doc					
限閱與否：	否					
專責人員姓名：						
專責人員電話：						

列印

# 目 錄

壹、目的 .....	3
貳、過程 .....	4
一、10月12日(三) 出席航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫 畫協調會議 .....	4
(一) IA#14 執行進度報告 .....	4
(二) 松山、桃園機場之低空風切警報系統(LLWAS)及高雄機場 風切變偵測系統建置評估報告 .....	6
(三) 航空氣象現代化作業系統顯示技術評估報告 .....	7
(四) 航空氣象現代化作業系統架構檢討報告 .....	7
(五) 世界區域預報系統網際網路檔案服務(WIFS)轉換作業報告 .....	8
(六) 美國國家空域系統(NAS)簡介 .....	9
(七) FAA 圖形化亂流產品 (GTG) 新技術介紹 .....	11
(八) 即時積冰產品(CIP)及預報積冰產品(FIP)之新技術介紹 .....	14
(九) NCAR 亂流偵測技術(NTDA)之新技術介紹 .....	15
(十) 議題討論 .....	18
二、10月13日(四) 參訪丹佛區管中心(Denver Air Route Traffic Control Center, ZDV-ARTCC)及丹佛 TRACON .....	19

(一) 丹佛空中航路交通管制中心(Denver Air Route Traffic Control Center, ZDV-ARTCC).....	19
(二) 終端雷達近場管制臺(TRACON).....	23
三、10月14日(五) 參訪丹佛國際機場塔臺.....	24
參、心得.....	26
一、航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫.....	26
二、美國國家空域系統.....	27
(一) 機場保安機制.....	27
(二) 飛航管制作業與人員訓練.....	28
(三) 航空氣象服務.....	28
肆、建議.....	29
一、航空氣象部分.....	29
二、飛航管制部分.....	30
伍、附錄.....	31
一、協調會議議程.....	31
二、協調會議資料.....	32

## 壹、目的

為提昇臺北飛航情報區(以下簡稱本區)之航空氣象服務品質，提供符合民航業者需求之航空氣象產品，交通部民用航空局(以下簡稱民航局)自民國 86 年 7 月起推動航空氣象現代化計畫，委由美國大氣研究大學聯盟(The University Corporation for Atmospheric Research, NCAR)建置航空氣象現代化作業系統(Advanced Operational Aviation Weather System, AOAWS)，並於民國 91 年 7 月完成該系統之建置。然而，隨著氣象科技日新月異之發展，為持續引進新一代航空氣象預報及資料整合技術，民航局復自民國 95 年起至 99 年進行為期 5 年之「航空氣象現代化作業系統強化及支援計畫」(The Advanced Operational Aviation Weather System Enhancement and Support, AOAWS\_ES)，透過前述兩階段共為期 10 年之航空氣象現代化計畫，已明顯改善本區航空氣象預報準確率和飛航服務品質。

然而，隨著氣象科技的進步，為持續增強 AOAWS 系統預報產品，達成產品高度客製化服務，民航局自 100 年起執行為期四年之「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」(Technical Enhancement for the Advanced Operational Aviation Weather System, 以下簡稱 AOAWS\_TE)，該計畫為 AOAWS 系統第三階段計畫，期能透過與飛航安全及飛航效率有密切關係之天氣現象(如積冰、亂流偵測預報及低空風切警告)技術的增強與檢測，提升並加強危害天氣資訊在飛航管制上的應用。

本(100)年度為 AOAWS 第 14 號執行辦法(Implementation Agreement No.14, IA#14)，係 AOAWS-TE 之第一年工作合約，年度工作項目包含(一)AOAWS 顯示系統強化；(二)風切偵測系統評估；(三)AOAWS 資料系統更新、測試與整合；(四)AOAWS 系統強化、支援及維護及(五)專案管理、行政協調及文件準備等五個主要項目。

為有效監督及管理「航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫」，本次協調會議中由臺美雙方就 IA#14 各工作項目之執行進度、驗收規劃以及明(101)年度第 15 號執行辦法(IA#15)工作項目進行討論。

此外，為了解美國國家空域系統(NAS)先進之航空氣象作業概念及關鍵技術，此行亦透過美國國家大氣科學研究中心安排，參訪美國聯邦航空總署所屬丹佛航路管制中心(Air Route Traffic Control Center, ARTCC)、丹佛近場雷達管制單位(Terminal Radar Approach Control, TRACON)以及丹佛機場管制塔臺等航管單位，透過實地訪查，了解美國國家空域系統、最新航空氣象產品於航管作業上之應用及相關技術的發展情形。

## 壹、過程

### ● 行程紀要

日期	地點	工作概要
10/11	台北-洛杉磯(Los Angeles)-丹佛(Denver)-博德(Boulder)	去程
10/12	博德(Boulder)	出席航空氣象現代化作業系統 氣象技術增強計畫協調會議
10/13	隆蒙特(Longmont) 丹佛(Denver)	參訪丹佛空中航路交通管制中心(Denver Air Route Traffic Control Center, ZDV-ARTCC) 丹佛終端雷達近場管制臺(TRACON)
10/14	丹佛(Denver)	參訪丹佛國際機場塔臺
10/15-17	博德(Boulder)- 丹佛(Denver)- 舊金山(San Francisco)-台北	返程

### ● 會議及參訪過程

#### 一、 10月12日(三) 出席航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫協調會議

是日於美國國家大氣科學研究中心舉行協調會議，議程及會議內容彙整如下：

##### (一) IA#14 執行進度報告

##### 1、 TASK # 1 AOAWS 顯示系統強化

###### ● 已完成之工作項目：

- (1) 完成 JMDS 系統上機場天氣預報(TAFs)、顯著天氣報文(SIGMETs)以及顯著危害天氣圖(SIGWX)之修正。

- (2) 完成航空氣象服務網上之 WRF 模式顯示修訂，確認 AOAWS 顯示系統可以處理 WRF 模式資料之改變。
- (3) 完成自動化觀測系統(AWOS)資料顯示系統強化，包含新增金門機場及桃園機場跑道名稱更名修訂。
- (4) 配合系統調整完成系統監控顯示程式更新。
- 未完成之工作項目：顯示技術評估報告。

## 2、 TASK # 2 風切偵測系統評估

本工作項目已於 100 年 4 月份完成松山及桃園機場低空風切警報系統測站及效能調查，且於 100 年 8 月完成評估報告並提交民航局。

## 3、 TASK # 3 AOAWS 資料系統升級、測試及整合

已完成 AOAWS 顯示系統升級以使能處理 WRF 模式改變，支援 AOAWS 系統任何資料問題並提供民航局關於資料及網路之相關議題。

## 4、 TASK # 4 AOAWS 系統安裝、支援及維護

### ● 已完成之工作項目：

- (1) 提供民航局關於硬體及網路設定相關議題(NTP、AISS ftp 延遲及 WIFS 轉換)之支援。
- (2) AOAWS 系統疑難解決。
- (3) AOAWS 系統主機及程序版本可用性之支援與維護。

### ● 尚未完成之工作項目：

- (1) 安裝 AOAWS 第 10 版。
- (2) AOAWS\_TE 架構審查報告。

## 5、 TASK # 5 專案管理與文件準備

### ● 已完成之工作項目：

- (1) 執行計畫、控管預算及工作項目追蹤。
- (2) 準備每月、每季報告。
- (3) 回應民航局提出之技術需求。
- (4) 參與相關會議。

### ● 尚未完成之工作項目：

- (1) 完成 100 年 9 月~12 月月報及第 3 及第 4 季季報。
- (2) 準備並出席 11 月管理會議及年度驗收會議。

## 6、 未完成工作項目時程安排

	應辦事項	預定完成日期
1	月報與季報	經雙方同意之日期
2	顯示技術評估報告	2011.11.30
3	架構審查報告	2011.11.30
4	發布 AOAWS 軟體第 10 版	2011.11.30
5	年度驗收會議	2011.12.01

### (二) 松山、桃園機場之低空風切警報系統(LLWAS)及高雄機場風切變偵測系統建置評估報告

#### 1、 松山及桃園機場低空風切警報系統評估

松山及桃園兩機場之低空風切警報系統 (Low Level Wind Shear Alert System, LLWAS) 自 2001 年啓用以來已經使用達 10 年之久，透過就系統運作狀況、軟硬體使用情況及各測站實際裝備與可能影響之環境因子逐一檢視評估，NCAR 提出下列系統改善建議：

- (1) 建議洽原系統供應商提供其對於系統內部運作及需要升級或加強之可行方案建議。
- (2) 汰換系統運算主機(含儲存媒體)、顯示器、測風感應器等硬體設備。
- (3) 調整或新增因環境改變致影響風場偵測效能之測風站址或偵測感應器高度。
- (4) 建置松山機場測風站臺效能評估系統(Site Performance Evaluation System, SPES)。
- (5) 強化維護人員對於系統硬體維護、資料保存及查詢之能力。
- (6) 為每個 LLWAS 風向風速計製作風花圖，以了解各測站風場之氣候特性。
- (7) 建議將標準的機場中央和跑道頭區(threshold)風場值引入 LLWAS 系統，以取代現行僅利用附近 LLWAS 站臺測得之風場數據所運算出之風場值。
- (8) 建議將 GAD 顯示器升級，以增強顯示功能和解析度。

#### 2、 高雄機場風切變偵測系統建置評估

目前低空風切偵測系統包含都卜勒激光雷達、微波都卜勒雷達以及低空風切警報系統 (LLWAS) 等三種：其中激光雷達訊號會受降水影響迅速消散，僅適用於晴空環境中，不適用於高雄地區較潮濕之氣候特性。LLWAS 系統因需要架設多個風場偵測站，且該測風站應盡量避免受環境條件之影響。考量高雄機場腹地狹小，臨近台灣海峽（西部）、山坡地（東部）且週邊都是工廠及都會區，風

場偵測站用地取得不易，架設低空風切警報系統(LLWAS)將有相當大的阻力。NCAR 經全面考量後，提出以下幾點建議：

- (1) 建置以雷達為基礎的風切變偵測系統應為較為適合高雄機場之選項。
- (2) 雷達架設需要考慮雷達掃描可能遭遇到的阻礙，並需在雷達到機場的進場及離場方向之沿線上進行仔細測量，以選取一個合適的架設地點。
- (3) 與 C 波段雷達相比，X 波段雷達所需之天線較小，安裝亦較為容易，雖然對一般天氣監測範圍與能力有限，但應用於風切變之偵測上已相當足夠。
- (4) X 波段雷達在晴空及小雨的天候下，可透過偵測大氣低層之昆蟲隨氣流移動之回波訊號做為偵測風切之依據。
- (5) 如果可能，建議以可攜式 X 波段雷達系統進行初步的雷達測試，以評估其在高雄機場風切變偵測的環境性能。

### (三) 航空氣象現代化作業系統顯示技術評估報告

航空氣象現代化作業系統顯示系統技術包含應用於多元化顯示系統(MDS)、新一代航空氣象產品顯示系統(JMDS)、自動化觀測資料顯示系統(AWOS)及網頁版多元化顯示系統(WMDS)等系統之多項技術。為簡化系統維護程序及增加客製化服務功能，AOAWS\_TE 規劃分 3 年完成系統簡化及改版作業，相關規劃及時程如下：

1. 2012 年：於 JMDS 上建置及測試可取代 MDS 系統之顯示軟體 CIDD 功能之 Jadite 功能。
2. 2013 年：完成 CIDD 取代作業，實施 JMDS 新功能，並著手進行 WMDS 升級作業。
3. 2014 年：實施 WMDS 升級作業。

### (四) 航空氣象現代化作業系統架構檢討報告

航空氣象現代化作業系統自完成建置以來已屆 10 年，其間因應系統功能增減及作業調整，陸續進行過多次系統調整，惟因該等調整可能使整個系統存在許多不必要之作業程序及檔案，考量該等作業程序及檔案可能造成系統運作之負擔，影響系統效能，亦可能對維護人員造成困擾，因此必須就系統架構進行全面檢視。

NCAR 業針對航空氣象現代化作業系統進行系統架構全面性檢視，初步檢視結果如下：

#### 1. AOAWS 系統程式

本項係以確認系統中各主機角色、釐清各程序作用並建立應用程式列表等方式進行，初步檢視發現在 76 個應用程式中，目前有 20 個並未使用。此外，亦在作業系統中發現許多與 AOAWS 系統無直接相關之獨立運作程序、資料目錄，和重複出現的系統開發工具。未來將針對上述問題進行：(1) 移除已無用之程式；(2) 進行系統及程式碼測試；(3) 建立系統程式管理程序。

## 2.其他軟體

目前 AOAWS 系統中除了 AOAWS 作業系統軟體之外，還包含執行數值天氣預報資料的 RIP 程序、NCAR 繪圖軟體、Netcdf 模式資料處理程序以及其他程序。經初步規劃，未來應可能將這些程序獨立於 AOAWS 傳輸系統外，以便管理。

## 3.作業系統升級

AOAWS 系統目前執行於 Debian 5 (lenny)的 Linux 作業系統上，該系統大約每 18 個月會更新一次，未來 NCAR 將分別於 IA#15(2012)及 IA#16(2013)中將作業系統升級到 Debian 6 (squeeze)及 Debian 7 (wheezy)版本。

## 4.系統架構調整

因應未來系統架構調整規劃，AOAWS 將新增自動化觀測系統(Automatic Weather Observation System, AWOS)、NCAR 亂流偵測技術 (NCAR Turbulence Detection Algorithm, NTDA) 等功能，屆時將全面考量系統效能，調整 AOAWS 系統架構，以處理相關資料。

## 5.網路

由於未來 AOAWS 系統將包括如世界區域預報系統網際網路檔案服務(WAFS Internet File Service, WIFS)、NTDA 及衛星資料等新增項目，AOAWS 系統對外網路頻寬需要增加。

## 6.系統監控

目前 AOAWS 系統採用 BigSister 進行系統監控工作，該軟體為網路監控工具，未來 NCAR 規劃改用 Opsview 進行 AOAWS 系統監控，Opsview 已被廣泛使用在 NCAR 的 RAL 設備監控中。

### **(五) 世界區域預報系統網際網路檔案服務(WIFS)轉換作業報告**

世界區域預報系統(World Area Forecast System, WAFS)國際衛星通訊服務(International Satellite Communication Service, ISCS)將於 2012 年 6 月 30 日停止，並改以世界區域預報系統網際網路檔案服務(WIFS)系統提供服務，該資料是由美國航空氣象中心所提供，資料與現行 WAFS 資料相同，包含 GRIB(將於 2013 年停止)和 GRIB2 兩種網格資料；BUFR 和 PNG 兩種格式之顯著危害天氣圖(SIGWX)；機場天氣觀測及預報電碼(METAR/SPECI, TAF)以及系統管理資訊等。

目前 AOAWS 系統僅使用 WAFS 系統中之 GRIB 和 SIGWX(BUFR)兩種資料，未來系統轉換工作包括：(1)建立 WIFS 資料接收程序；(2)使用 GRIB2 取代 GRIB 資料；(3)將 GRIB2 資料引入 AISS 系統；(4)移除現行 WAFS 資料接收及處理之相關程序。

## (六) 美國國家空域系統(NAS)簡介

美國國家空域系統係由空中交通管制系統指揮中心（Air Traffic Control System Command Center, ATCSCC）、空中航路交通管制中心交通管理部（Air Route Traffic Control Center Traffic Management Unit, ARTCC TMU）、機場管制臺、終端雷達近場管制臺（Terminal Radar Approach Control Facility; TRACON）及空中航路交通管制中心（Air Route Traffic Control Center, ARTCC）等單位所組成，共包含 750 個空中交通管制單位、18,000 個機場、4,500 個飛航設施、48,000 位美國聯邦總署員工及 13,000 種儀降程序，且每年約有 5000 萬筆儀器操作紀錄。

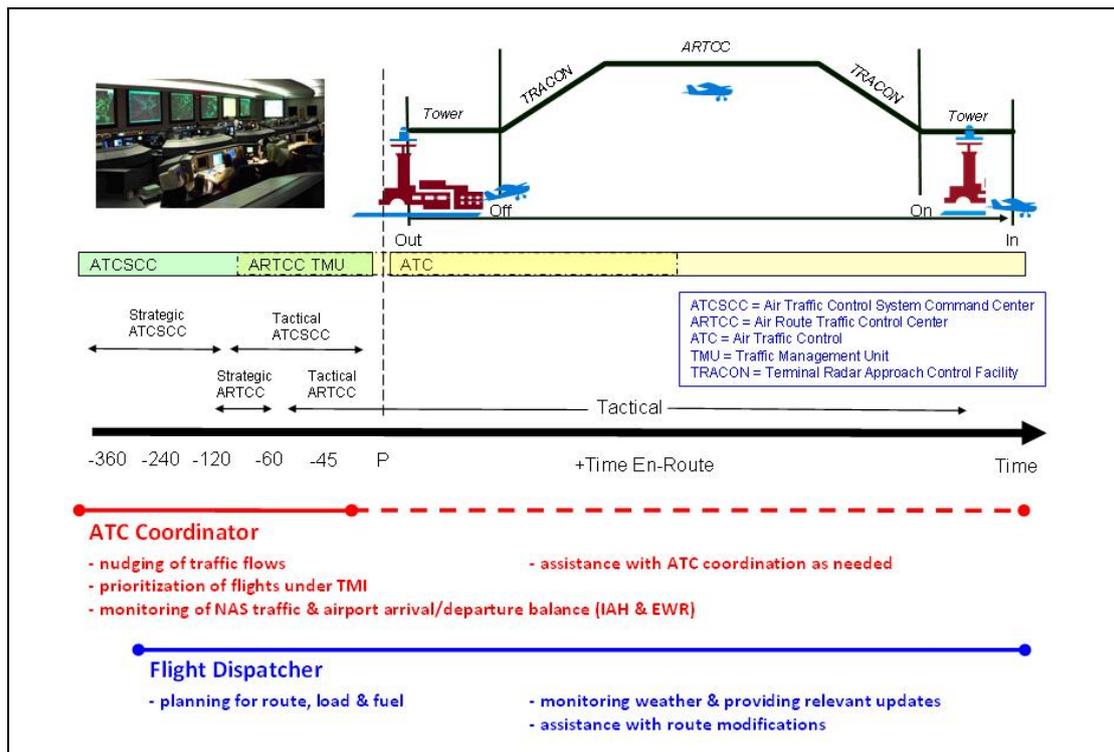


圖 1、美國國家空域系統

### 1、空中航路交通管制中心(ARTCC)

美國全國共有 21 個空中航路交通管制中心(ARTCC)，管制範圍高達 6 萬英呎。在許多航路交通管制中心(ARTCC)內均設置有中心天氣服務單位(Center Weather Service Units; CWSU)，由任職於美國國家氣象局之氣象專家將航空氣象相關資訊提供給空中航路交通管制中心交通管理部（ARTCC TMU）、空中航路交通管制中心（ARTCC）之空中交通管制督導、終端雷達近場管制臺（TRACON）以及各地區主要機場樞紐之各相關工作單位，所提供之航空氣象重點資訊包含對流天氣、冬季天氣、亂流、機場風切變、機場 AIRMET、SIGMET 資訊及天氣服務單位公告等。

## 2、終端雷達近場管制單位(TRACON)

TRACON 負責機場周邊 50 海哩及高度 10,000 英尺以下之空域範圍，管制席位分爲高高度降落、低高度降落、進場及流量管制等。大部分的獨立 (stand-alone)TRACON 位於機場裡，此外有些綜合性 TRACON（如 New York TRACON；Northern California TRACON 等），其管制範圍比獨立 TRACON 更大一點。

## 3、空中交通管制系統指揮中心(ATCSCC)

空中交通管制系統指揮中心(ATCSCC)靠近美國華盛頓 D.C.地區，負責調配飛航作業之整體需求與能力，並與各地 ARTCC、TRACON、管制塔臺(Air Traffic Control Tower；ATCT)及航空公司進行協調。其主要工作係在惡劣天氣、設備停止運行、跑道封閉及國家緊急情況等各種不同狀況下，以停止地面運作、流量管制、改道及協議取消等手段調節航情。

## 4、美國聯邦航空總署（FAA）雷達系統

美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration，FAA)設有機場監控雷達(Airport Surveillance Radar，ASR)及空中航路監控雷達(Air-Route Surveillance Radar，ARSR)等兩種基本雷達系統，使用主要與次要的雷達回波提供管制員飛機的位置與速度訊息。通常 ASR 每 4.8 秒掃描一次，而 ARSR 則每 12 秒掃描一次。

## 5、飛行服務站(Flight Service Stations，FSSs)

美國聯邦航空總署共設有 58 個提供飛行員飛航資訊之單位，2005 年洛克希德-馬丁飛行服務公司與美國聯邦航空總署簽訂合約，負責管理該署管轄之飛行服務站。美國共有 3 個大型、提供 24 小時服務的樞紐飛行服務站。舉例而言，阿拉斯加州就有三個飛行服務站，其提供的服務包含飛行簡報(飛行前、飛行中以及緊急協助)、航行中通信、空中交通管制間隔、處理儀降飛行計畫、發布飛行公告及航路飛行諮詢服務等。

## 6、FAA 人員教育訓練

美國飛航管制人員於值班前，須先至位於奧克拉荷馬州的美國聯邦航空總署學院接受爲期 12 週的航空管制員基礎訓練，訓練項目包含 FAA 管制員各項基本原則及先修課程，訓練方式則包含課堂訓練及實驗室模擬課程。完成基礎訓練之後，則需到分發單位接受地區性訓練，訓練項目包含 4-12 週地區空域及管制程序等課堂課訓練，接著再接受 6 至 30 個月的實務在職訓練以取得管制員認證。相關資訊可參考 NOAA 教育訓練網站 [http://www.wrh.noaa.gov/zse/training .php](http://www.wrh.noaa.gov/zse/training.php)。

## 7、天氣因素對飛航之影響

根據美國聯邦航空總署統計，2004 年 1 月至 2010 年 12 月間之資料顯示，有 77% 的空中交通延誤是由於天氣因素所造成的，而每年因天氣延誤造成的經濟損失可達 20~30 億美元，由於空中交通需求與日俱增，未來與天氣相關事項之影響將逐漸擴大。

為此，美國規劃建置下一代航空天氣系統，發展一套專為航空應用量身訂製的氣象產品，但仍基於以下幾項氣象預報原則進行設計：

- (1) 天氣預報的不確定性與預測本身一樣重要。
- (2) 數值天氣預報走向系集天氣預報，以掌握預報的不確定性。
- (3) 將機率能力的影響轉化為系集天氣預報發展的新概念，並將此概念運用在危害天氣（如風暴、亂流及積冰）之預報上。

### (七) FAA 圖形化亂流產品 (GTG) 新技術介紹

飛航中遭遇亂流會造成經濟、安全及效能上的嚴重影響，目前空中報告是例行性亂流觀測之唯一方式，但空中報告並非定時定點的報告、且有亂流強度太過主觀判斷、報告位置和時間常常不夠精確以及與飛機機型有絕對相關等問題。亂流種類包含晴空亂流、山岳波亂流、低層地形引起的亂流、雲引發或對流性亂流、雲中亂流及對流邊界層亂流等。

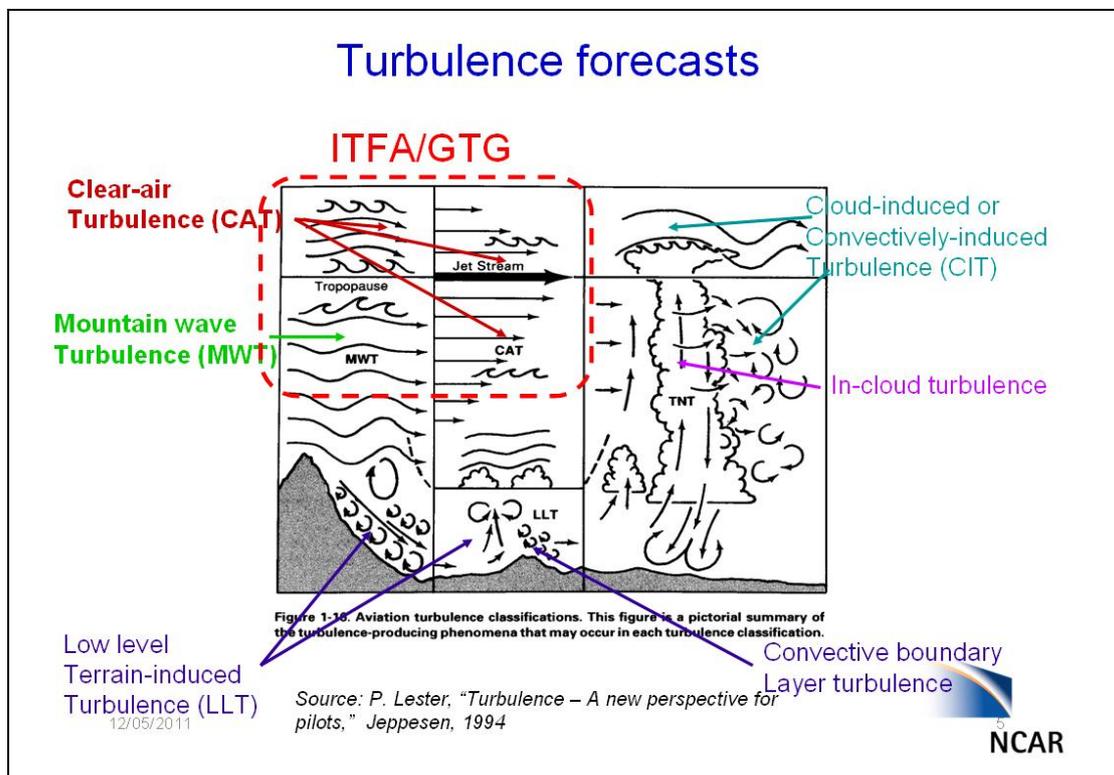


圖 2、亂流種類與預報

## 1、GTG 亂流預報程序

飛機遭遇亂流的範圍從幾公尺到數公里，且大部分都遠小於數值預報模式的網格解析度，因此通常無法直接預測飛機尺度的亂流，而只能夠使用較大尺度資料來推斷亂流發生潛勢。

造成亂流發生的原因有很多，因此需要多種亂流預報方式，如鋒生函數、不平衡流、變形場及渦流消散率等診斷方式，GTG 亂流預報產品以數值天氣預報資料為診斷基礎，每項診斷對應不同的渦流消散係數，並依據各項因子所佔的重要性決定其權重，加總後得到 GTG 亂流診斷值。換句話說，GTG 是經權重計算之亂流診斷系集分析結果。亂流預報之校驗係使用飛機報告及空中報告 (PIREPs/AIREPs) 等資料，與渦流消散係數於網格點上進行比對，並藉由校驗結果統計預報效能。

FAA 現行亂流預報 (Graphical Turbulence Guidance, GTG) 是以 13 公里高解析度的數值天氣預報模式網格預報資料，進行飛航空層 10000 英尺至 45000 英尺高度範圍的亂流預報，但預報結果並不包括山岳波或雷雨所造成的擾動，只針對晴空亂流進行預報。

目前台灣 AOAWS 系統所使用的亂流預報法稱為『TAIWAN ITFA』(Taiwan Integrated Turbulence Forecasting Algorithm)，為一改良版的亂流預報法(類似 FAA 的 GTG(2.5)產品)，使用中央氣象局 WRF 模式的預報資料，產品解析度包含 4KM 及 20KM 之預報範圍。

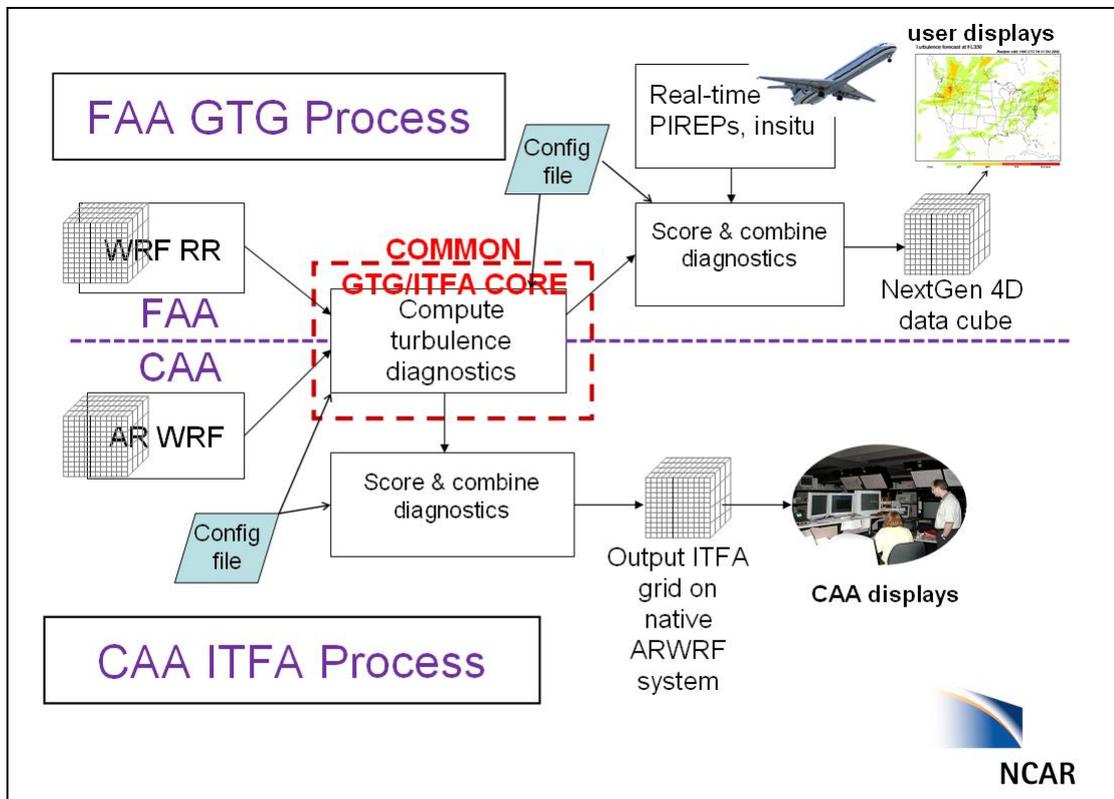


圖 3、美國 FAA 亂流預報(GTG)與台灣亂流預報診斷(TAIWAN ITFA)程序

## 2、GTG 亂流預報發展與台灣亂流預報診斷規劃

一個理想的亂流預報系統應該能計算所有可能來源之亂流，這同時也是 GTG 亂流診斷方法的最終目標，其亂流規劃詳如圖 4。

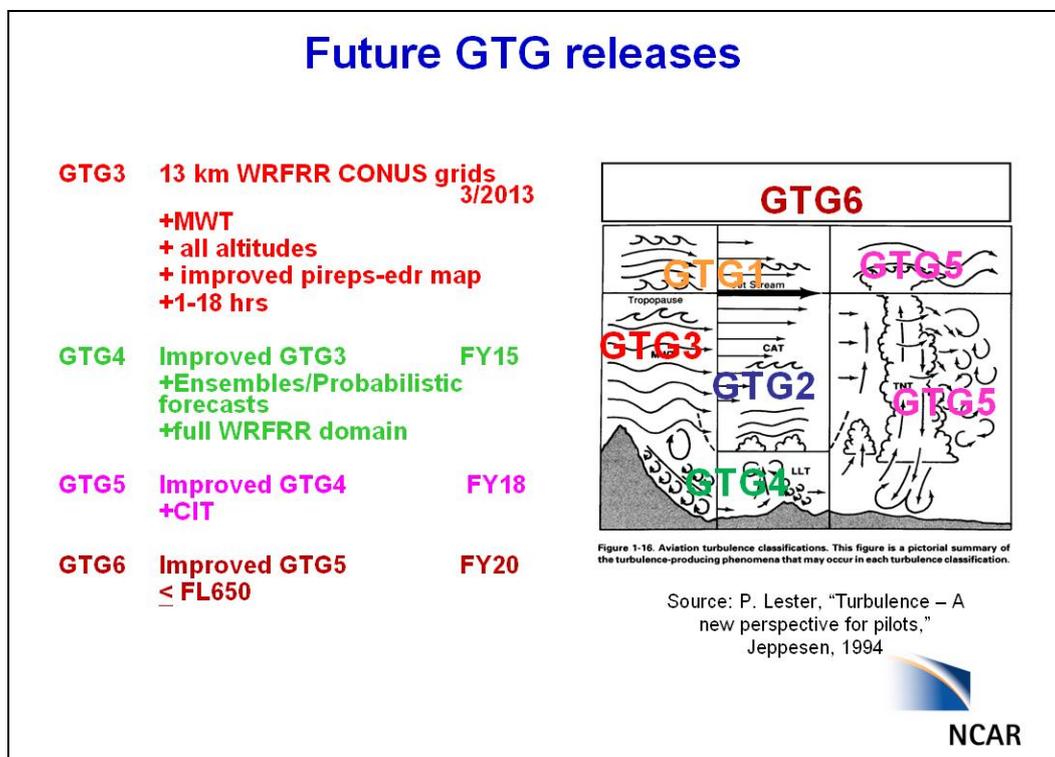


圖 4、未來的 GTG 亂流預報規劃

為提升本區亂流預報水準，AOAWS\_TE 計畫將升級 TAIWAN ITFA 到 GTG3 等級。為增進本區亂流預報之準確度，NCAR 建議總臺未來可朝以下方向努力：(1)與航空公司合作，實施渦流消散係數(EDR)量測，由系統自動回報，不需要機師人為操作，且比飛機報告資料準確(AIREP)。(2)接收日本航空公司(JAL)空中報告資料，可使台灣空域有較佳的亂流預報結果(ITFA)。(3)推行全球亂流預報產品(圖 5)。

	TAIWAN ITFA	FAA GTG3
Model	CAA WRF (4KM、20 KM)	WRFFF (3KM)
Turbulence	Mainly clear-air turbulence sources Implicit Mountain Waves Turbulence.	Explicit Mountain Waves Turbulence
Range	FL100~FL450	Surface to FL450
Output	Turbulence intensity for medium sized aircraft	EDR

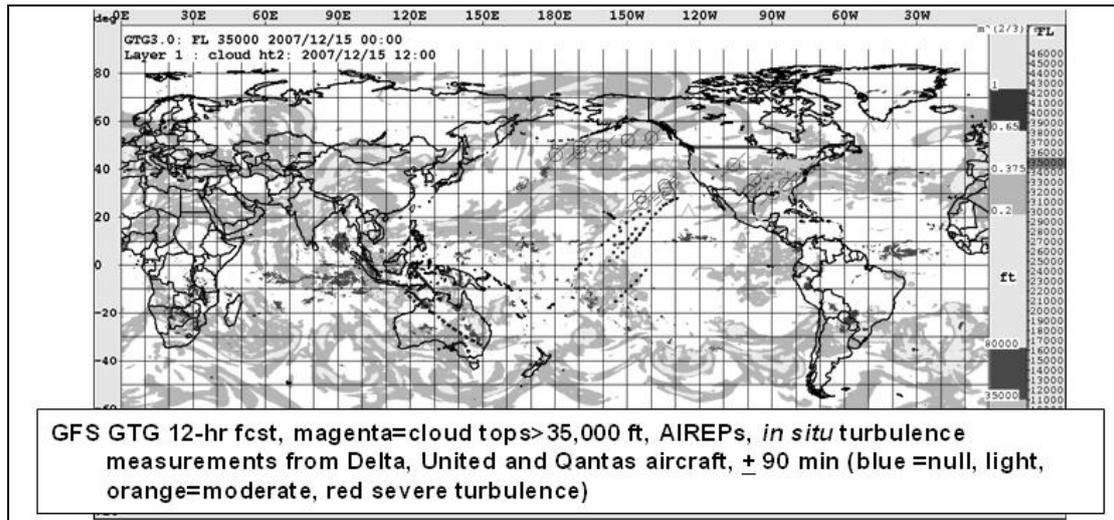


圖 5、全球亂流預報產品

#### (八) 即時積冰產品(CIP)及預報積冰產品(FIP)之新技術介紹

目前 AOAWS 系統所使用的積冰預報產品為 Forecast Icing Potential(FIP)，該項產品是以 WRF 模式預報資料計算出來的，預報積冰嚴重度、機率及過冷大水滴存在的可能性(Supercooled Large Drop，SLD)。而未來 AOAWS 系統將新增提供更具準確性與可靠性的積冰診斷法(Current Icing Potential，CIP)，其預報有效時間為 0-2 小時，可供臺灣地區航空用戶與進入臺灣空域的長程航班參考。

FAA 的積冰預報改善計畫開始於 1989 年秋天，在全美各地蒐集積冰環境資料並進行預報驗證，結合了模式輸出資料與地面觀測、衛星以及雷達等資料進行一連串模糊邏輯診斷分析(圖 6)。CIP 診斷法加入觀測資料的目的是為了更精確的進行積冰診斷工作，舉例而言，透過衛星雲圖判讀可確認積冰預報不會出現在沒有雲層存在的區域(紅外線衛星雲圖可得到雲頂高度)，而雷達偵測降水和可能存在的雲，對於結冰的程度判別很有幫助，地面觀測資料則可提供降水量和降水型態(如凍雨則表示近地表有結冰條件)。由此可見 CIP 對航空氣象服務有相當助益，惟仍需考慮觀測資料時間與模式預報資料的配合，亦可能會有與觀測結果有所差異等問題。

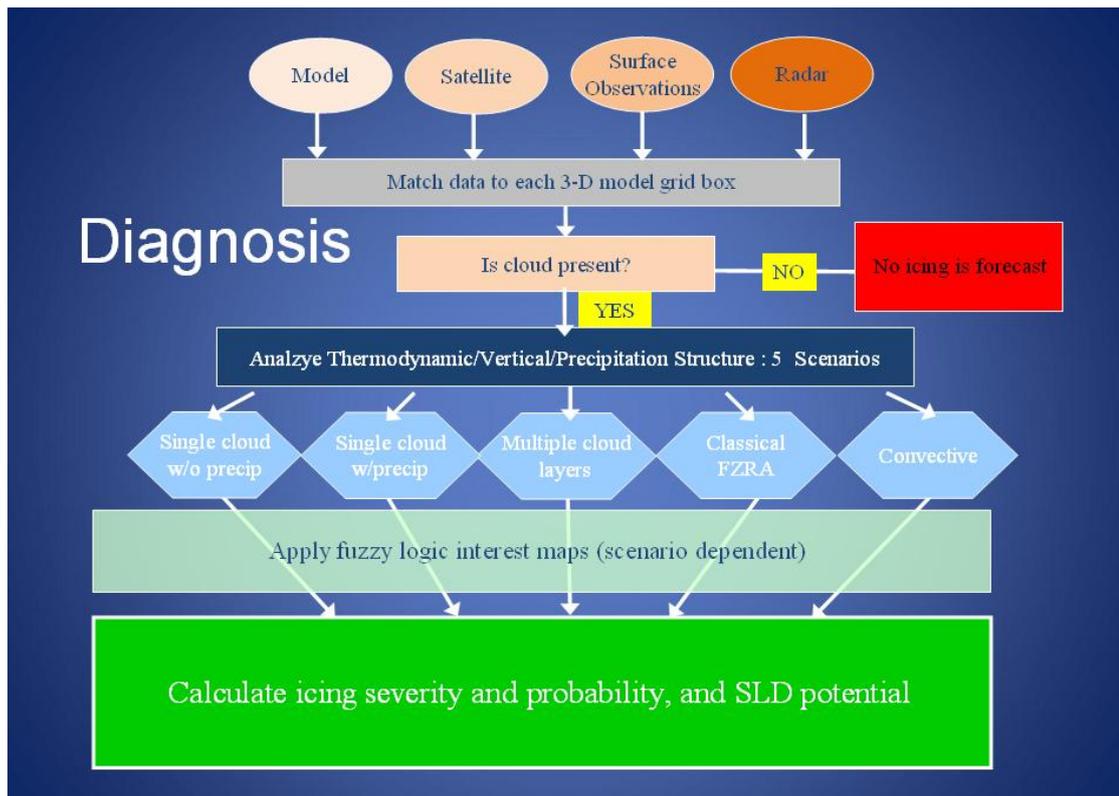


圖 6、即時積冰產品(CIP)診斷流程架構圖。

### (九) NCAR 亂流偵測技術(NTDA)之新技術介紹

NCAR 發展出之亂流偵測技術 (NCAR Turbulence Detection Algorithm, NTDA) 能測量雲和雷暴中之亂流，其原理係使用都卜勒雷達波段計算亂流強度值（渦流消散係數 eddy dissipation rate, EDR），運用該技術計算出之 EDR 可用來警告飛機上乘客必須扣上安全帶，或讓飛經亂流附近航路之航機提高警覺性。亂流偵測技術包含 NTDA 和合成 NTDA(NTDA mosaic)等兩個部分，NTDA 計算每個雷達掃描在極座標網格點上的 EDR 值與信心度，而合成 NTDA 則是將多個雷達資料整合，並產出三維網格 EDR 值與信心度，同時亦進行雷達回波資訊之整合，以作為診斷參考。

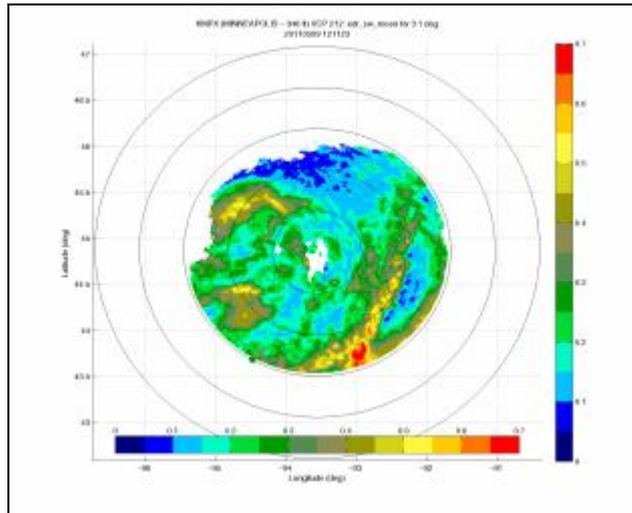


圖 7、NTDA 產品圖示，其中回波強度低並不代表亂流強度低，光譜頻寬大小則是較好的亂流指標。

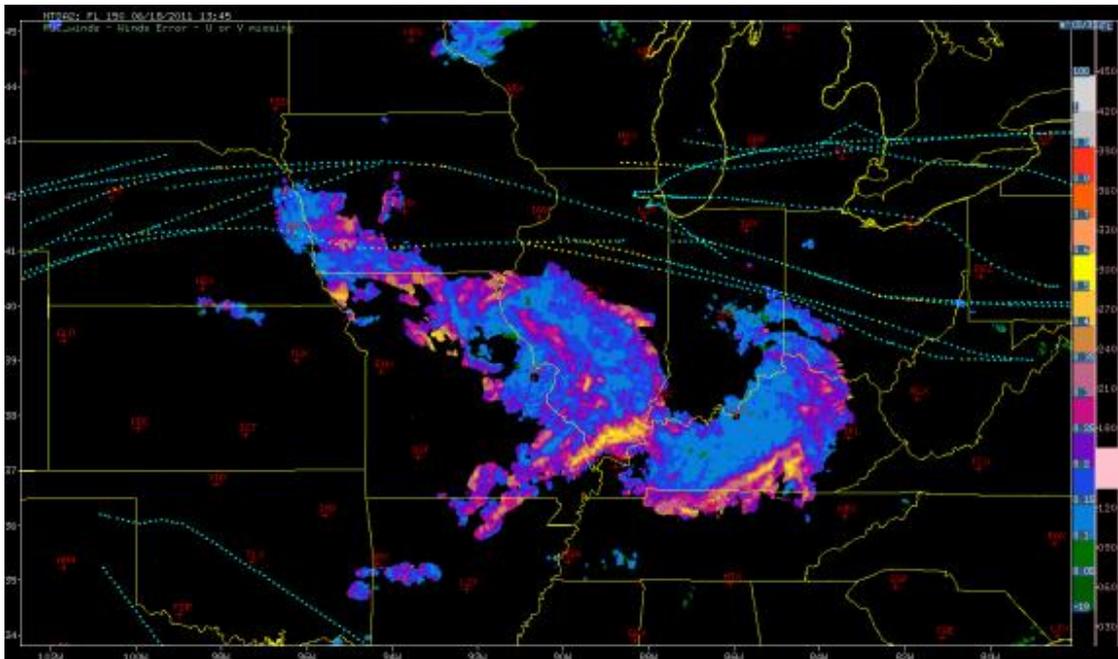


圖 8、NTDA 合成影像圖，目前 NCAR RAL 使用美國 133 個 NEXRAD 雷達資料進行即時亂流偵測預報。

## 1、NTDA 發展歷史：

- (1) 2007 年第一代 NTDA：佈署在新一代天氣雷達開放式雷達產品產生器 (NEXRAD Open Radar Product Generator, NEXRAD ORPG)中。
- (2) 2008 年起：NCAR 使用 133 個 NEXRAD 資料每五分鐘合成一份合成資料。
- (3) 2010 年 9 月：第二代 NTDA 三維合成資料開始傳送至美國航空氣象中心。

- (4) 2011 年 9 月完成第 2.5 代 NTDA：這個版本可容納新一代天氣雙偏極化 (dual-polarization) 雷達增強，其中包括品質控制算法，以增加 NTDA 覆蓋範圍，且將會支援 NexGen IOC 的 GTG 即時預報。

## 2、現行 NTDA 演算法及系統架設

NTDA 演算法使用雷達資料進行作業，透過雷達準確的測量高度、風速和光譜寬度(Spectrum Width, SW)等資訊，演算過程中並將如雜波、臭蟲、鳥類、蝙蝠、海面雜波、強垂直風切及電磁波衰減等對雷達回波造成的影響納入考量，執行 NTDA 演算法需要：

- (1) 雷達資料：包含奈奎斯特速度、雷達常數、噪音校準、雜波圖、VCPs (Volume coverage patterns) 以及雷達掃描脈衝數等。
- (2) 足夠的電腦硬件設備：包含 1 或 2 個速度足夠的多處理器主機、資料儲存硬碟以及記憶體容量。
- (3) NTDA 資料輸出格式為 NETCDF 格式，座標與雷達輸入資料同為極座標網格 (polar grid)。而合成 NTDA 資料輸出格式則為 AOAWS 系統所使用的 MDV 格式，資料儲存之解析度以參數設定檔控制，可簡單的進行調整。

## 3、台灣 NTDA 系統建置準備與步驟

NTDA 演算法為航空氣象現代化作業系統新增功能，相關系統建置待辦事項及準備步驟如下：

- (1) 了解台灣雷達網路系統，包含雷達掃描策略、資料傳輸方式、作業系統種類、頻譜寬度計算及雜波過濾方法等。
- (2) 研判可能造成雷達掃描干擾的原因。
- (3) 了解使用者需求，如系統資料更新速度、產品顯示解析度之需求。
- (4) 了解輸入資料的狀況(最好是即時輸入、足夠的資料儲存量、使用非合成資料進行 Z、V 和 W 的資料比對。)
- (5) 發現問題時，須確定是否能夠透過如增加資料或改變頻譜寬度計算等方式得到解決。
- (6) 定義並安排 NTDA 系統結構和執行方式。
- (7) 確定即時系統測試方法：
  - a 即時(或延遲)資料提供方式討論。
  - b 在美國 NCAR 或台灣(透過網路遠端連線)建立即時測試系統。
  - c 與真實亂流資料比對，以調整和驗證 NTDA 系統。
  - d 與飛航相關人員及使用者交流。
- (8) 系統安裝與測試。
- (9) 系統上線。

## (十) 議題討論

### 1、 CIP 是否可利用 AMDAR 進行資料校驗與即時調整積冰預報產品？(IA#15)

**結論：**目前觀測風場及溫度場資料已經被用在 WRF 模式預報中，且對積冰預報有所幫助，後續 NCAR 必須對 AMDAR 資料進行分析，了解是否有其他資料項對 CIP 診斷有所幫助。Ms. Marcia Politovich 今年 11 月將參加 AMDAR 相關會議，屆時將進行回報。

### 2、 機場雲霧與能見度產品強化，是否包含機場風場與溫度部分？

**結論：**是的，本項進階的機場預報演算法產品將包含雲霧、能見度、風場及溫度場等資訊。

### 3、 WIFS 轉換進度與未來資料送入現行 ATMs 之確認。(IA#15)

**結論：**NCAR 已開始確認現行衛星資料格式與未來以 FTP 傳遞之 WIFS 資料格式間之差異(相關資料詳見 Jim Cowie 關於 WIFS 主題之簡報)。

### 4、 確認明年度臺灣教育訓練計畫、NCAR 來臺進行教育訓練之期程與人員。

**結論：**

- (1) NCAR 建議在 101 年 4 月或 5 月在臺灣舉辦為期超過 1 週的訓練，而秋季訓練則建議在 9 月初或 10 月初於美國 NCAR 舉行。
- (2) NCAR 負責培訓人員將包括 Gary Cuning、Jim Cowie、Greg Meymaris (NTDA 專家)，且可能包含 Cory Wolff (CIP 專家)等。Greg 將專注於 NTDA 演算法(內容，使用和解釋)之簡報，並與 CAA、資拓宏宇公司以及可能包含中央氣象局等單位討論 NTDA 和雷達等議題。而 Cory 則將進行 CIP 產品及其使用和解釋之簡報。
- (3) CAA 將選派一位系統維護人員前往 NCAR 接受為期 3 週的訓練。
- (4) NCAR 將於 2 月提報訓練計畫(較原 IA#15 計畫預定之 4 月提前)。

### 5、 為取得 NCAR 亂流偵測技術(NTDA)所需之中央氣象局(CWB)雷達資料，請 NCAR 評估未來可能需要之北管與 CWB 間專線之頻寬(目前為 10MB)。

**結論：**NCAR 將持續評估降低傳送 NTDA 產品之網路頻寬需求之可能方式，其中唯一可能出現的問題可能發生在數值預報模式傳輸預報資料期間，惟屆時應可運用數據壓縮技術進行資料傳輸。

## 6、 IA#15 美方簽署進度確認

**決議：**目前美國在台協會已經通過，而臺灣交通部仍在審查中，預計應可在 100 年 12 月中完成簽署 (註：台灣行政院已於 11 月下旬同意簽署，並已送 TECRO 與美方同步進行簽署作業)。

## 7、 今年度 IA#14 驗收 NCAR 來臺人員與時間確認

**結論：**11 月 28 日(星期一):Jim Cowie 和 Gary Cunning 抵達台灣。  
11 月 29 日~11 月 30 日：進行驗收準備工作。  
12 月 1 日進行驗收會議。  
12 月 3 日 Jim Cowie 和 Gary Cunning 返美。

## 8、 AOAWS 第 10 版安裝時間表，CAA 及 IISI 配合辦理事項

**結論：**安裝作業將安排於驗收前 3 週，即 11 月的第 2 個星期(11 月 14 日~11 月 18 日)進行。

## 二、 10 月 13 日(四) 參訪丹佛區管中心(Denver Air Route Traffic

### Control Center, ZDV-ARTCC)及丹佛 TRACON

是日上午由 NCAR 的 Mrs. Celia Chen 及 Mr. David B. Johnson 陪同，前往位於科羅拉多州隆蒙特市(Longmont)之丹佛空中航路交通管制中心(Denver Air Route Traffic Control Center, ZDV-ARTCC)參訪，午後驅車前往位於丹佛機場旁的丹佛終端雷達近場管制臺(TRACON)參訪，參訪人員均須更換證件，並關閉隨身電子用品後始可進入。

### (一) 丹佛空中航路交通管制中心(Denver Air Route Traffic Control

#### Center, ZDV-ARTCC)

一行人抵達後，所有參訪人員在警衛室更換證件並檢查隨身物品。電子用品(含手機、數位相機等)均須關機，門禁管制規定相當嚴格。進入丹佛空中航路交通管制中心之後，由 Mr.Perry A. Morris 及 Mr. William R. Bobb 為參訪人員進行簡報。其中 Perry 有超過二十年的飛航管制經驗，先後在美國各地的 TRACON 任職，目前在丹佛 ARTCC 擔任行政工作，主要負責新進人員教育訓練。而 William 則是隸屬於美國國家大氣總署(NOAA)的氣象學家，派駐在丹佛 ARTCC 內的 CWSU(Center Weather Service Unit)負責氣象服務工作。

## 1、管制人員之聘用與訓練

美國管制員招募對象以退伍軍人為第一優先，若有不足再考慮一般國民。因此美國管制員具備公務員資格。全美國共有 30 個管制員訓練機構 (Controller Training Institute, CTI)，新進人員需要至少 3 年全職工作經驗及擁有 4 年制大學畢業文憑，若已具備航空經驗者則會視條件放寬條件。通過考試之後，須先在 CTI 學習 2 年，每年學費約一萬元美金由學員自行負擔，CTI 畢業後由 FAA 依照成績任用，但畢業時年齡不得超過 31 歲。

FAA 對通過甄選人員先施予 12 週的基本訓練，內容包括航線系統基本實務、流量管制設備、FAA 法令規章、航空器性能特性以及特殊專業任務等等。新人平均約需兩年半至三年時間訓練，不同航管單位間的轉換訓練至少要一年。若在規定時間內無法通過課程訓練或在職訓練則會被解雇，現職人員每一年除了體檢以外，還會有 2 次工作績效考試，無法通過上述 2 項者亦可能會被解雇。此外，若是 2 年內於值班時發生 3 次錯誤，除會遭 FAA 解雇外，亦同時喪失公務員資格。

管制員分發至工作單位後，不論是塔臺、近場臺、或是區管中心，新進人員都先從資料席位開始值班，再逐步推進至輪值其他如地面管制、機場管制、雷達管制等席位。每一位管制員均須通過所屬區域內所有席位的檢定方能取得執照。

美國管制員之法定退休年齡為 56 歲，少數表現特別優異或有特殊專長者，始得延長至最晚 61 歲退休。目前美國共有約 2 萬 6000 名飛航管制員，每週工時 40 小時，但亦常需加班，因為許多現任管制員將會在 10 年內陸續退休，所以 FAA 未來將會面臨需「大換血」之情況，與臺灣目前航管人力狀況類似。

## 2、飛航管制作業

美國航管單位主要分為 2 類：(1)FAA Air Traffic Control Facilities (2)Federal Contract Towers。第 1 類涵蓋大部分航行量大的區域，包括塔臺、近場臺及區域管制中心。第 2 類主要以小型或偏遠地區的機場為主，同時也包含普通航空活動 (General Aviation)。

丹佛空中航路交通管制中心所管轄之空域約 29 萬平方英哩，約台灣現行區管中心的管制規模的五倍。丹佛管制區域共劃分為 6 個區域，每一個區域各有 6 或 7 個管制席位及一個班務督導席位，管制席位再區分為低空、高空及超高空 3 種。

管制室內燈光昏暗、與台灣的前兩代管制室類似，相較之下，國內管制員可以在目前剛啓用的航管系統一般正常室內燈光的環境下工作，實為十分人性化

且舒適的。美國現行的航管系統使用年限已接近 20 年，目前因受限於政府預算，尚無法進行汰換更新，其優點是管制員對現行航管系統有很高的熟悉度，隱憂則是隨著未來航行量不斷增加，現行的航管系統恐將不堪負荷。但因其管制席位分工精細，方能處理每天平均約 5000 架次的航行量。另一方面，由於丹佛區管中心地理位置處於美國中西部，離、到場及過境航機來自四面八方，最高紀錄同一時間有大約 2000 個航班接受管制(圖 9)。

資歷較淺的管制員會先從資料席位開始輪值，再慢慢輪值所有雷達管制席位，美國並無像臺灣配置有協調員，但是有班務督導(SP)席位配置。具備至少 5 到 6 年經驗的雷達管制員可輪值班務督導的席位，負責該區域對內、外的協調工作。由於英語是母語溝通無礙，外籍人士想擔任美國管制員者，語言條件會是第一個挑戰。而對於越洋航班，美國共有三個航路中心（位於紐約市、加州奧克蘭以及阿拉斯加的安克拉治）負責監控大西洋和太平洋上空雷達無法覆蓋的廣大空域，駕駛員需依限制的路徑飛行，並於飛過強制報告點時呼叫，讓管制員可以確認航機位置（兩架飛機至少必須間隔 160 公里），奧克蘭中心會以 GPS 追蹤。

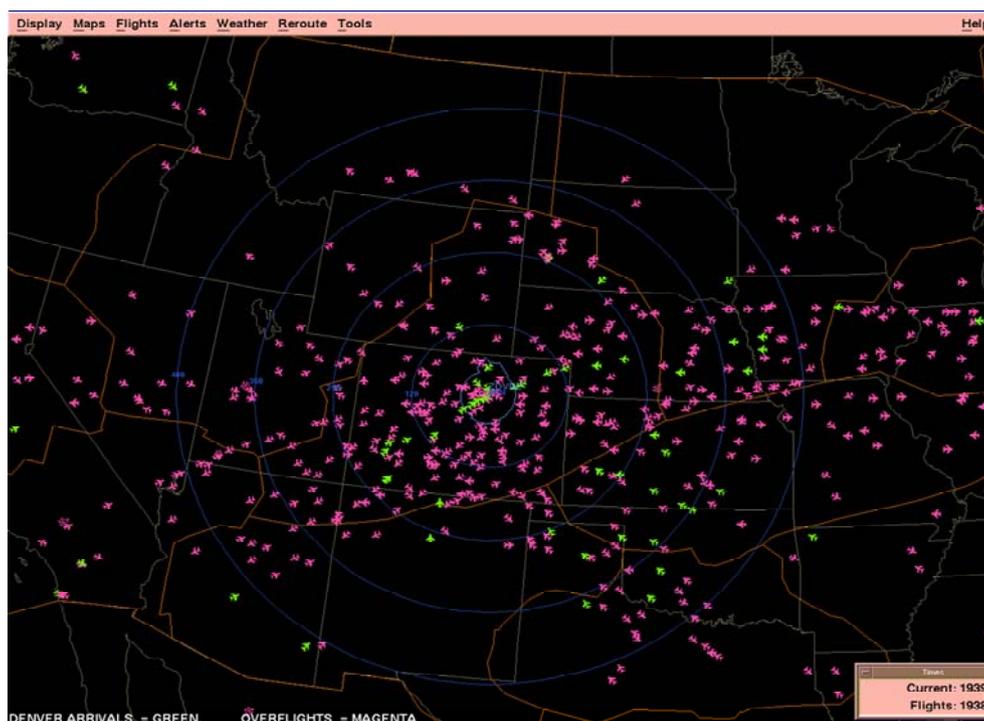


圖 9、丹佛空中航路交通管制中心管制席位畫面

### 3、航空氣象資訊服務

依據國際民航組織(ICAO)標準，對於機場管制，氣象單位須提供機場天氣預報、機場天氣觀測、機場警告和風切警告；對終端雷達近場管制臺來說，須提供天氣預報、機場天氣觀測、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 45,000 英尺間航路顯著危害天氣資訊、10,000 英尺以下低空危害天氣資訊及駕駛員報告；而對於航路管制來說，則須提供機場天氣觀測、地面至 45,000 英尺間航路顯著危害天氣資訊及飛航情報區的高空風和溫度預報。

美國航管單位從航路管制中心、終端雷達近場管制臺以及機場塔臺都設置有如中心天氣服務單位(CWSU)及/或交通管理單位(Traffic Management Unit, TMU)席位。CWSU 主要功能係對管制員及駕駛員提供任何會影響飛航安全的天氣趨勢預報，並即時將氣象訊息提供給 TMU、相關航管單位及航空公司等。

丹佛空中航路管制中心中設置有 CWSU 和 TMU 兩席位，為提昇作業效率，兩個席位比鄰而坐，隨時交換最新天氣及航行資訊。當資料顯示某區域可能有顯著危害天氣時，TMU 會通知該區域的督導，再由該督導通知管制席位、相關航管單位及航空公司因應。除此之外，在每個區域的公共區域及班務督導席位上更配置有氣象資訊顯示螢幕(衛星及雷達回波資訊)，供管制人員隨時掌握即時區域天氣。

透過氣象資訊的即時提供的方式，除能替航空公司節省大筆費用，同時亦兼顧飛航安全，十分值得學習。以該中心每日平均航行量計算，所節省的燃油費用及相關人力、物力等成本的確非常可觀。

CWSU 席位的航空氣象資訊來自美國航空氣象中心(AWC)，該席位接收資料後，再透過各種自動化系統提供給設在各個中心的交通航務管理人員(Traffic Management Officer)，CWSU 席位人員每天上午及下午各進行 1 次例行性天氣簡報，簡報的對象為各區域班務督導及 TMU 席位人員，席位管制員並不參加簡報，天氣資訊由班務督導負責傳達。但若天氣有突然劇烈變化時，則會用電話熱線直接與近場臺、塔臺 TMU(管制員)聯繫，提供即時資訊。所有通報資訊(時間、對象及通報內容)都會以詳細的記錄於作業系統中，相關記錄在人員交接上提供相當大的幫助。

美國航管單位十分重視駕駛員天氣報告(PIREP)，當雲霧高在 5 千呎(含)或以下、能見度在 8(含)公里或以下、出現中度或重度亂流、或有結冰、風切等危害天氣發生時，管制員即會主動要求駕駛員提供 PIREP，由於 PIREP 係來自駕駛員最即時且正確的天氣，航管單位可以依據 PIREP 調整席位配置，或在駕駛員請求之前主動引|導航機避讓危害天氣，對飛航安全助益甚大。PIREP 資料由管制員抄

寫，並即時將相關資訊透過系統提供給其他航機參考，航情忙碌時甚至會有專人紀錄 PIREP，並提交給班務督導做後續處理。當 PIREP 內容與 AWC 天氣預報或顯著天氣資訊不符時，則會與通知 AWC 做後續處理。

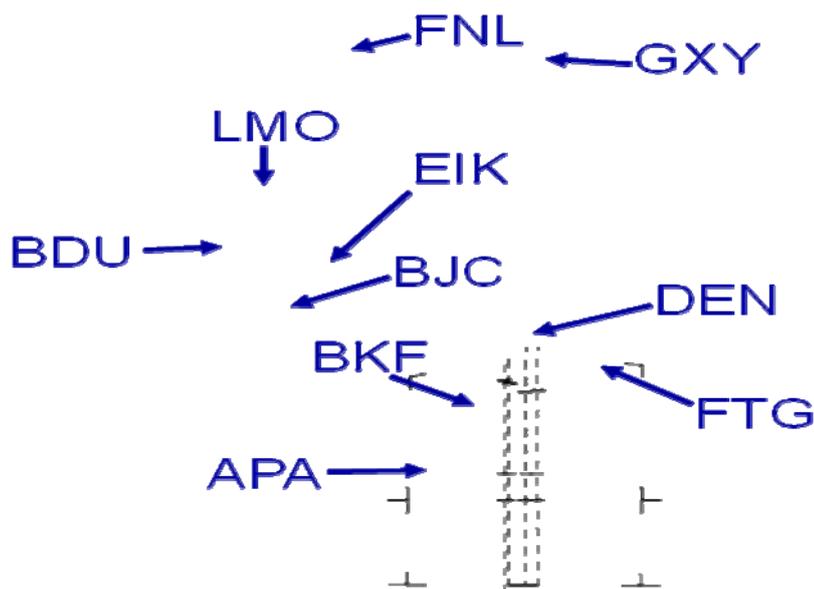
## (二) 終端雷達近場管制臺(TRACON)

丹佛終端雷達近場管制臺(TRACON)緊鄰丹佛國際機場旁，參訪人員需更換證件，並關閉隨身電子用品後才可進入園區。丹佛 TRACON 空域是以丹佛國際機場為中心，方圓約 50 海浬為半徑，高度 10,000 呎以下為範圍。2010 年平均每日架次略大於 2,400 架次，同一年度在全美國的 TRACON 總架次約 882,000 架次，排名美國第 10 名。

在 FAA 空域分類規定中，丹佛 TRACON 屬於 B 類空域，除了一定高度以下劃歸普通航空(General Aviation)使用之外，管制員對所有儀器或目視飛行航空器提供隔離。普通航空器未經須可時不得進入其他空域，丹佛 TRACON 管制區內包含 10 個機場(圖 10)，而丹佛國際機場是其中航行量最大者，每天航行量共約 1,800 架次，此外尚有數個遠離市中心的機場，其中也包含一個空軍基地，每天訓練飛行架次相當密集。丹佛市立機場(Denver Municipal Airport)位處丹佛市郊，參訪人員於當天回程時正巧目睹滑翔機(Glider)起降過程，令人大開眼界。

TRACON 管制室內燈光昏暗，設備也如同丹佛 ARTCC 一般顯得老舊。臺灣的管制室相較之下顯得舒適且人性化，管制席位的配置呈現 U 型擺設，除了班務督導以外，兩旁分別為離場及到場席，中間則為過境兼饋給(FEEDER)席。另外也設有 TMU 席位負責監控所有航情，隨時留意天氣資訊並適時與班務督導交換意見或對外單位聯絡。

職等參訪時間正逢到場航機繁忙，其間觀察某一到場席位引導過程，在繁忙的狀況下隔離一致，氣定神閒、語氣不急不徐，顯然十分訓練有素，令人敬佩。管制人員表示由於地理位置關係，丹佛機場除了火山灰以外，所有危害飛航安全的天氣包含風切、雪、冰、微爆氣流、閃電、龍捲風等均曾發生過，因此氣象人員與航管人員的密切合作更顯得重要，因此 TMU 席位人員與 ARTCC 之 CWSU 席位人員在必要時密切聯絡，主動提供天氣資訊給席位上的航管人員，配合 PIREP 作業管制員便可以主動且適時提供駕駛員需要的服務，不僅降低無線電通話量，提高服務品質，同時也達到航管與航空公司雙贏的目的。



項次	代號	機場名稱
1.	APA	CENTENNIAL
2.	BJC	ROCKEY MOUNTAIN METROPOLITAN
3.	BKF	BUCKLEY AFB
4.	BDU	BOULDER MUNICIPAL AIRPORT
5.	DEN	DENVER INTERNATIONAL AIRPOR T
6.	EIK	ERIE MUNICIPAL AIRPORT
7.	FTG	FRONT RANGE
8.	FNL	FORT COLLINS-LOVELAND MUNICIPAL AIRPORT
9.	GXY	GREELEY-WELD COUNTY
10.	LMO	VANCE BRAND

圖 10、丹佛空中航路交通管制中心管制機場

### 三、 10月14日(五) 參訪丹佛國際機場塔臺

是日在NCAR的Mrs. Celia Chen及Mr. David B. Johnson陪同下，前往丹佛國際機場塔臺參訪，美方由日裔美籍的經理Roger L. Nakata與丹佛市政府官員負責接待。丹佛機場目前是全美國最新且最大的機場，佔地超過53平方英哩，目前共建置6條跑道，預計在2025年以前再擴建6條跑道成為12條跑道。該機場旅客數量在全美排名第3，全世界排名第10，同時也是NASA太空梭的降落機場，目前設有95個停機坪，且仍持續擴建中。

天氣情況良好時，該機場係使用3條跑道供航機起飛，另3條跑道則專供航機落地使用，視航情狀況靈活調整跑道，平均一條跑道每小時32架到場。由於

該機場地處美國中西部，為提供高品質的航管服務，平均每天更換 12 次跑道以發揮最大效能，中間 3 條跑道(16/34, 17R/35L, 17L/35R)可以做平行甚至對頭進場(圖 11)。此外，在跑道視程低於 1200 公尺以下時(以 600 公尺再區分為兩種作業方式)會啟動地面移動引導控制系統(Surface Movement Guidance Control System, SMGCS)作業，其主要是提供有限的跑道、滑行道給航機和車輛使用，使管制員確實掌握航機、車輛動態，同時也會加大航機隔離。

丹佛機場共架設 3 個 ASR-9 雷達、4 個消防站、1 個主要及 3 個次要劫機處理點，以及 5 個除冰區。機場也設有 3 組除雪隊，跑道積雪時，除雪隊可以在 17 分鐘內清除積雪，效率之高，實令人印象深刻。丹佛塔臺的空域是以丹佛國際機場為中心向外延伸 8 浬(半徑)，並由平均海平面到 10,000 呎高度所畫出的範圍，35L 跑道是該機場最主要使用的跑道。



圖 11、丹佛國際機場跑道圖

丹佛國際機場塔臺共配置有 4 個機場管制席、2 個地面管制席、1 個資料席、2 個許可頒發席、2 個協調席，再加上 1 個督導席及 1 個 TMU 席。參觀時見到共有十幾架航機在地面活動，但卻不曾聽到管制員頒發許可。經詢問後得知，由於機場範圍遼闊，塔台使用 Ramp Control 輔助地面管制，所謂 Ramp Control 是在地面畫出一條界線，界線以內包含停機坪，離、到場航機在機坪內的活動包括開車、

後推、直到滑行至界線時的許可都由 Ramp Control 管制，出了該界線之後的活動才換到地面管制席管制，在管制員或 Ramp Control 無法目視的機坪則由監視器輔助，Ramp Control 管制室位於塔台東面，隔著停機坪與塔台相望。很多 FAA 退休的管制員轉任當 Ramp Control 的教官，學員受訓期程約 4 個月。

丹佛機場管制臺天氣資訊與 TRACON 相同，均由 TMU 席位負責監控，並隨時與 TRACC 的 CWSU 席位保持聯繫。機場地面觀測資料來自於自動化觀測系統 (AWOS 及 ASOS) 自動發報提供，機場內派駐有氣象人員進行人工觀測，但僅針對特別天氣進行觀測與發布。

## 貳、心得

### 一、航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫

航空氣象現代化作業系統自建置完成以來已屆 10 年，在此期間透過與美國國家大氣科學研究中心(NCAR)的持續合作，AOAWS 系統已經由原本僅能單機、定點作業，發展到只需要透過網際網路即可隨時檢視查詢的航空氣象服務系統，且透過民用航空局飛航服務總臺近幾年的航空氣象用戶訓練及相關宣導，使用者對於系統操作介面及氣象產品的應用已經有基本的了解。然而，氣象預報必然存在著不確定性，對於無論在時間、天氣現象掌握及數值等都必需比一般氣象更為精確的航空氣象而言，持續引進國際最新的氣象預報技術，實是提升航空氣象預報準確度必要手段。

自民國 100 年起執行之航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫中，已針對可能嚴重影響航空器操作的低空風切、積冰、亂流、低能見度及低雲霧等項目進行偵測、診斷、預警之技術進行增強作業，相關工作項目分別將於自民國 100 年起之 4 年中逐漸完成。其中 100 年將以松山、桃園機場的低空風切警報系統評估及高雄風切變偵測系統的設置評估工作為年度重點工作項目。丹佛機場亦架設有低空風切警報系統 (LLWAS)，此次參訪丹佛航管單位時，發現無論是空中航路交通管制中心或終端雷達近場管制臺，對於 LLWAS 系統的資訊均非常重視，且咸認為系統偵測資料可信度頗高。此外，令此行參訪人員印象深刻的是 FAA 將終端機場雷達(Terminal Doppler Weather Radar, TDWR)訊息與低空風切警報系統資訊予以整合顯示在同一畫面，並具有警示功能，人員操作相當便利。

此外，為實地了解低空風切警報系統及自動化地面觀測系統之架設，職等前往測站實地了解 (圖 12)，丹佛機場由於航行量很高，機場腹地廣大，低空風切警報系統共架設有 32 個測風站，測風站大都位於機場週邊的玉米田中，由於該機場地理位置遠離城市及住宅區，並未有影響風場測量的相關因素，因此測風站的高度大都在 10 米以下，維護上也相當簡單。而臺灣松山及桃園機場的 LLWAS 系統由於地理及環境條件的限制，多半須架設於 20M 高度或是大樓樓頂，對儀器維護來說，實具有相當的困難度。



圖 12、(a)丹佛機場 LLWAS 測風站 (b)丹佛機場 AWOS 系統

考慮積冰及亂流等顯著天氣現象對航空氣象作業影響甚鉅，航空氣象現代化作業系統氣象技術增強計畫規劃提升相關預報及診斷技術，然而，無論預報技術如何提升與進展，預報資料與實際觀測資料間的比較驗證工作是非常重要的，目前臺北飛航情報區內能接收到的空中報告數量甚少，因此航空氣象現代化作業系統亂流預報演算法目前僅能採用美國地區空中報告和 WRF 模式計算出來的參數進行調校。這種方式雖然能解決資料不足之問題，但其效果仍舊不如直接運用本區資料來得有效。

參訪期間，職等對於美方管制人員於天氣不穩定時會主動要求機師提供空中報告，並且將相關資料抄寫並發送等做法留下深刻印象，由此可見美國對於空中報告資料之重視。據了解，中國大陸為加強空中觀測資料，中國民航單位主動與其國籍航空公司協調，請航空公司於航機上架設偵測設備，由儀器主動傳送空中觀測資料，並適時給予補助，以達到提升航空氣象服務品質。反觀臺灣目前雖訂有由區管中心提供抄寫空中報告之機制，但相關資料仍屬稀少，如要將該等飛機報告資料用以提升預報診斷技術，仍顯不足。未來建議可參考美國國家大氣科學研究中心提出之建議，朝向與國內、外航空公司協調接收空中報告資料(如 ACARS、AMDAR 等)資料，以做為未來新預報技術診斷作業之參考比對依據。

## 二、 美國國家空域系統

### (一) 機場保安機制

美國除了航管單位門禁管制十分嚴格，機場安檢執行上亦很徹底，此行職等於入境洛杉磯、進入丹佛 TRACC、TRACON 及機場塔臺等地參訪時均已有相當深刻之體驗。此次參訪過程發現，即使美國航空工業如此先進，在各種現代化科技輔助下，管制員也無法監控機場場面所有動態，此時機場保安作業就顯得格外

重要。例如桃園國際機場日前發生不明人員闖入機場管制區事件，機場保安如何落實並做到滴水不漏，以避免類似事件再次發生，實值得深入探討。

## (二) 飛航管制作業與人員訓練

美國管制員基本養成教育內容包含航空法規、航空器性能、氣象學、航管相關課程等，其訓練期程長且待遇優厚，但相對地在訓練過程及正式任職後的考核更是十分嚴格。爲了提高訓練成效及服務品質，除要求了從業人員精進其本身專業技巧及學識外，未來要如何適度延長基本教育養成時間，並鼓勵同仁多多參與業務交流活動，以確實了解顧客需求，是未來可以思考的方向。

美國航管單位之硬體設備雖較臺灣航管系統老舊，但因爲人員教育訓練時間長，給人感覺顯得格外地自信與從容，由此可見，工作上使用之裝備及工具固然能影響工作表現，但追本溯源，如何提升人員的素質似乎顯得更加重要，各類人員均須不斷精進其本職學識，方足以面對未來運量日益增加及科技不斷發展的挑戰。

參訪丹佛機場管制塔臺過程中發現，丹佛機場以塔臺及航空站爲中心，機場跑道則設置於航站四周，一行人對其機場設計以及使用跑道、滑行道與航機的登機門配置均留下深刻印象。正常作業時，塔臺管制席位人員可依規範負責固定跑道航機，減少不必要的協調與等待，並增進管制效率。透過機場場面及航道的適當規劃不僅可增加作業效率，同時也可減少航機等候的時間，除了節省航空公司燃料費用之外，更可有效達到節能減碳的目的。

此外，丹佛機場由科羅拉多州丹佛市政府經營，因此丹佛市政府除負責機場的營運與維護之外，爲節省開支，還善加利用機場之多項資源，如架設廢水處理場、太陽能板等，增加機場收入，以作爲機場維運之用。

## (三) 航空氣象服務

設置於空中航路交通管制中心中的 CWSU 席位與 TMU 席位以及機場塔臺人員的直接互動交換航空氣象資訊的方式，對飛航安全實有相當正向的幫助，CWSU 人員之職掌並不包括天氣預報研判工作，而僅就美國航空氣象中心及天氣預報辦公室所提供之預報產品進行判讀，並將對飛航相關資訊整理後提供給飛航管制人員參考，這種方式可有較多時間深入了解飛航管制所需要的航空氣象資訊，提供更有效的航空氣象服務。飛航服務總臺臺北航空氣象中心自 100 年 6 月起，每日兩次派員參加交接班簡報，並於會中進行重點天氣簡報，雖尚無法達成像美國航管與氣象單位間的緊密合作，卻已可讓使管制人員在接班前對航路及機場天氣有初步之瞭解及掌握。此外，爲增進同仁對於飛航管制所需之航空氣象服

務之了解，也陸續於航空氣象人員複訓時，安排氣象資料於管制作業上之相關應用課程，希望藉由相關互動提昇航管人員與氣象人員的了解。

## 參、建議

### 一、航空氣象部分

- (一) 預先進行 CWB 雷達原始資料傳輸至氣象中心工作，以瞭解與 CWB 間網路頻寬是否足敷 NTDA 工項需求

本次協調會議中曾提出「請 NCAR 評估未來需要之北管與 CWB 間專線之頻寬」乙項議題，會中 NCAR 雖已初步同意協助臺北航空氣象中心進行頻寬評估，惟建議於 NCAR 評估頻寬之同時，亦可由總臺與中央氣象局就雷達資料傳輸工作進行初步溝通聯繫，預為明(101)年度 NTDA 工項進行準備工作，如此若發現頻寬不足時，即可立即著手辦理頻寬提升，以利 NTDA 工項之順遂進行。

- (二) 與國籍或東亞地區航空公司就接收飛機自動觀測資料之可行性進行協調

為了提升航空氣象顯著天氣的預報效能，飛航服務總臺前曾於用戶訓練期間數度籲請航空公司宣導並配合提供空中報告，惟截至目前仍未能有明顯成效。建議未來可參考美國國家大氣研究中心之建議，直接與國籍或東亞地區航空公司協調接收飛機自動觀測資料如 AMDAR 等，以做為航空氣象積冰及亂流診斷之校驗使用。

- (三) 著手進行松山、桃園機場 LLWAS 系統新測風站址及高雄機場低空風切偵測系統建置站址勘查工作

NCAR 已於今(100)年完成本項評估工作，並提供松山、桃園 LLWAS 需移設之測風站址建議位置，以及高雄低空風切偵測系統建置建議，本總臺並已提報於 102 年起為期 2 年之施政計畫，辦理松山、桃園 LLWAS 系統汰換。惟 NCAR 建議之新設地點雖為 LLWAS 系統之最佳地點，但新設地點之用地租約取得、電力、網路傳輸等工作仍須配合考慮，建議及早進行站址勘察工作，俾完成適合遷移測風站臺地點之用地租約取得，以利 102 年 LLWAS 汰換案之順遂進行。

另有關高雄機場低空風切偵測系統之建置，受限高雄地理環境，NCAR 建議於機場東側山坡架設 X 波段之都卜勒氣象雷達進行低空風切觀測。考量雷達之架設成本及所需土地遠高於測風站址，且民眾對雷達對人體的安全於率甚高，建議及早了解 NCAR 所提雷達建議架設地點之土地使用狀況，並請學界協助評估高雄機場風切偵測雷達架設之可行性與效益。若評估可行，再配合預算編列時程予以納入總臺年度施政計畫辦理。

## 二、飛航管制部分

- (一) 本區管制員之訓練期程及課程內容符合國際民航組織規定，與美國管制員基本養成教育訓練雷同，惟本區管制員正式任職後的考核相對較為寬鬆，為提昇飛航服務品質及督促管制員自我技巧之精進，後續應由航管單位加強落實航管各項查核及考核事宜。
- (二) 美國 FAA 對於管制員除每年辦理體檢外，還會舉辦 2 次工作績效考試，如無法通過體檢及績效考試者可能會被解雇。此外，若是 2 年內於值班時發生 3 次錯誤，除會遭 FAA 解雇外，亦同時喪失公務員資格。我國航管人員亦屬公務人員，惟依據公務人員保障法，一旦通過職前訓練取得正式公務員任用資格後即無法予以解雇，惟為了保障飛航安全及服務品質，加強新進人員之訓練，於訓練期間予以嚴格要求及篩選，實為未來應努力之方向。
- (三) 基於人力及裝備，本區管制室並無 CWSU (Center Weather Service Units, 係對管制員及駕駛員提供會影響飛航安全的天氣趨勢預報) 之席位配置，本區係由臺北航空氣象中心於管制員交接班簡報時提供氣象資訊，自實施迄今已近半年，管制員於值勤前可獲得本區當日天氣之趨勢，掌握天氣之變化，提供更好之飛航服務，惟航管單位仍應依據作業需求持續與氣象單位溝通，以提供更適切之氣象服務資訊。

## 肆、附錄

### 一、 協調會議議程

19 September 2011

#### 2011 UCAR-CAA AOAWS-TE Project Meeting Agenda

##### Wednesday, 12 October (FL-2 Room 3107)

Time	Activity	Host/Speaker/Participants
08:30	Pick-up from hotel	Celia Chen
09:00	Opening/Welcome Short update on AOAWS-TE Project	Bill Mahoney
09:15	IA#14 Status and AOAWS-TE System Version 10 review and updates	Bill M., Gary Cunning, Jim Cowie, Paul Prestopnik, Celia Chen
09:45	LLWAS Evaluation (TTY, SS)	David Johnson
10:30	Coffee/Tea Break	
10:45	Kaohsiung Wind Shear System Evaluation	David Johnson
11:30	AOAWS Display Technology Evaluation Report	Gary Cunning, Aaron Braeckel
12:00	Lunch	
13:15	AOAWS Architecture Review Report	Gary Cunning, Jim Cowie
13:45	WIFS Transition	Jim Cowie, Gary Cunning
14:14	Overview of the FAA National Airspace System (NAS)	Bill Mahoney
14:45	Break	
15:00	Updates on the FAA Graphical Turbulence Guidance Product (GTG)	Bob Sharman
15:30	Updates on the Current Icing Potential (CIP) and Forecast Icing Potential (FIP) products	Marcia Politovich, Gary Cunning
16:00	Updates on the NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA)	Greg Meymaris
16:30	Open Discussion	
17:00	Adjourn	

##### Thursday, 13 October

Time	Activity	Host/Speaker/Participants
08:15	Leave FL campus	Bill, Celia
09:00 – 12:00	<sup>1</sup> Visit Denver Air Route Traffic Control Center (ZDV-ARTCC), Longmont, Colorado	Bill, Celia
12:00pm	Lunch	
13:30 – 18:00	Open	
18:00pm	Dinner Gathering	Bill Mahoney

##### Friday, 14 October

Time	Activity	Host/Speaker/Participants
08:15	Leave FL campus	Bill, Celia
09:15 – 12:00	- Visit Denver International Airport, Air Traffic Control Tower & Terminal Radar Approach Control (TRACON), Denver, Colorado	Bill, Celia
12:00	Lunch	
13:30 – 18:00	Open	

<sup>1</sup> CAA is arranging security permissions to visit these FAA facilities.

## 二、 協調會議資料

會議資料包含下列各項：

- (一) IA#14 Status and AOAWS-TE System Version 10 review and updates --Gary Cunnig, Jim Cowie, Paul Prestopnik, Celia Chen
- (二) LLWAS Evaluation (TTY, SS)-- David Johnson
- (三) Kaohsiung Wind Shear System Evaluation --David Johnson
- (四) AOAWS Display Technology Evaluation Report --Gary Cunnig, Aaron Braeckel
- (五) AOAWS Architecture Review Report-- Gary Cunnig, Jim Cowie
- (六) WIFS Transition -- Jim Cowie, Gary Cunnig
- (七) Overview of the FAA National Airspace System (NAS)-- Bill Mahoney
- (八) Updates on the FAA Graphical Turbulence Guidance Product (GTG) --Bob Sharman
- (九) Updates on the Current Icing Potential (CIP) and Forecast Icing Potential (FIP) products --Marcia Politovich, Gary Cunnig
- (十) Updates on the NCAR Turbulence Detection Algorithm (NTDA) --Greg Meymaris