

TAMEX 期間都卜勒氣象雷達作業及後勤支援簡介

祝 鴻 鵬

民用航空局 飛航服務總台

摘 要

台灣地區中尺度實驗計畫(Taiwan Area Mesoscale Experiment, TAMEX)為一中美雙方合作的大型整合實驗計畫,計畫中由美方提供 WP-3D 氣象觀測飛機乙架, NCAR CP-4 及 UCAR TOGA 都卜勒氣象雷達兩座, CLASS 探空裝備及部分投落送(Dropsonde),以及過去實驗計畫的寶貴經驗。我方也動員全部可用的氣象觀測裝備,以及氣象學術與作業單位的人力,並且在國科會與軍民有關機構大力支援下,順利於民國七十六年五至六月完成觀測實驗。TAMEX 期間所獲資料,將提供中美雙方研究之用,冀對造成台灣地區梅雨期豪雨災害之氣象因素有進一步之瞭解,從而改善未來預測及警報作業,使災害減至最低程度。

國科會因鑒於都卜勒氣象雷達作業之是否順利為計畫成敗關鍵之一,有特編一組人員支援作業之必要,而民航局飛航服務總台固正籌架中正機場都卜勒氣象雷達並參與計畫,對於有關事物稍微熟悉,且在後勤事務上略有餘力,於是受託成立都卜勒雷達組。本組之任務乃在提供中美雙方都卜勒雷達作業設計所需之參考資料,以及雷達運台參與實驗及其前後必要之配合作業與行政支援。本文即對任務執行情形做一簡單之報告,俾供各界瞭解及參考。

一、前 言

民國 70 年 11 月至 71 年 3 月間,國家科學委員會訂定了一為期五年的大型防災計畫。一年半後,國科會舉行了大型防災專案研究計畫研究成果發表會,在氣象防災方面之會議中初步建議應加強有關豪雨問題之研究。國內規劃籌備小組在經過可行性研究之後,於民國 73 年提出了劇烈區域性豪雨觀測與分析實驗計畫,並定於民國 75 年及 76 年台灣地區梅雨期及其前後之五、六月進行密集觀測,所獲資料則供未來分析研究之用。民國 74 年初,規劃小組除大力推動民國 75 年第一階段之國內自行實驗外,並同時尋求第二階段實驗國際之參與及合作,獲得美方合作之首肯,並經建議改稱台灣地區中尺度實驗,因而有了響亮之英文簡字 TAMEX。

美方在 TAMEX 計畫中提供 WP-3D 氣象觀測飛機乙架,都卜勒氣象雷達兩座,部份探空及投落送器材,以及寶貴的過去實驗經驗。我方則動員全部可用的氣象觀測裝備以及氣象學術與作業單位的人力,並且在國科會與軍民有關機構之大力支援下,使得計畫得以順利完成。

在都卜勒雷達作業方面,原僅規劃有民航局籌購中之中正機場都卜勒氣象雷達乙座。民國 74 年 7 月初,研究小組造訪美國後,確定美國國家大氣研究中心(National Center for Atmospheric Research; NCAR)之 CP-4 都卜勒雷達將來台參與作業。民國 75 年 9 月初,在美舉行 TAMEX 研討會時,美國大學大氣研究社團(University Corporation for Atmospheric Research; UCAR)所擁有之 TOGA(Tropical Oceanic and Global Atmosphere)都卜勒氣象雷達亦經預訂透過 NCAR 一併來合作業,惟因美方配合之經費籌措費時,直至 75 年 12 月下旬方告確定,但同時亦使得參加計畫之都卜勒氣象雷達達到三座之多。

由於都卜勒雷達作業之順利與否為 TAMEX 計畫成敗關鍵之一,各方咸認茲事體大,有特編一組人員作業之必要,而時值民航局飛航服務總台正籌架中正機場都卜勒氣象雷達中,對於有關事物稍微熟悉,且在後勤支援上略有餘力,於是受託擔綱並經由行政系統奉准於 75 年 10 月 7 日成立,同時請民航局飛航服務總台陳總台長明華先生擔任召集人,並向國科會提出作業計畫。經奉國科會於民國 76 年 2 月底以計畫編號 NSC-76-0414-P117-02 核定經費 2,791,000 元開始執行。其時,都卜勒雷達之準備工作已經歷時甚久,如予推算,最早可溯自 75 年初協尋美方 NCAR 雷達陣地開始,而 75 年下半年又增加 TOGA 雷達陣地之協覓工作,計畫內容之變動情形自亦甚大,有關之工作情形將於本文第貳節中有所敘述。此外,有關都卜勒氣象雷達作業情形將於第參節中予以介紹,以供參考。

二、都卜勒雷達準備工作

一、雷達陣地之勘選及確定

民國 75 年初,除民航局之都卜勒氣象雷達已確定設於中正機場外,我方已對 NCAR 雷達陣地進行選址工作,目標區在中正機場東北方之淡水,以及南南西方之竹南兩地。75 年 7 月 20 日美方專家一人來台配合作業,目測區在中正機場東北方之淡水,以及南南西方之竹南兩地。其後,我方人員在民航局地勘測後,認為地形複雜且受山形遮擋太多而需重選,原選地點僅留供預備之用。其後,我方人員在民航局總台支援車輛下,每月赴竹南及苗栗後龍一帶勘選。75 年 10 月起,由於 TOGA 雷達來台之可能性甚高,我方又應美方要求在中正機場西南方近處乃至台中一帶加選備用陣地。75 年 11 月上旬,在台舉行 TAMEX 研討會,會前之 10 月 23 日起,美方派員分批來台配合做陣地之密集勘選,惟美方專家各有不同之選擇理念,最後方於研討會中決定 NCAR 雷達之設於苗栗外埔,以及 TOGA 雷達設於空軍清泉崗基地之中。

二、都卜勒雷達組成員之調整

由於 TOGA 雷達設於清泉崗基地中,為便於有關作業人員進出之照應,以及就近之後勤支援事項,都卜勒雷達組之成員亦因而做了一些調整,其組織如下:

- 召集人 陳明華 (民航局飛航服務總台總台長)
- 副召集人 祝鴻鵬 (民航局飛航服務總台副總台長)
- 陳景森 (中央大學教授)
- 陳台琦 (中央大學教授)
- 執行秘書 李定國 (民航局總台氣象中心副主任)
- 兼任助理 劉建忠 (空軍氣象聯隊第五天氣中心主任)
- 楊正治 (民航局總台氣象中心主任氣象員)
- 童茂祥 (民航局總台氣象中心預報員)
- 王石柱 (民航局總台氣象中心預報員)
- 林宏聖 (中央大學氣物理系研究生)
- 利定山 (空軍氣象聯隊第五天氣中心電子修護長)
- 林德隆 (民航局總台幫工程司)

事實上,基於作業之需要,配合中美雙方都卜勒雷達作業所動員之我方人力總計超過了 40 人,所謂都卜勒雷達組之成員亦僅為代表性人物而已。

三、中美雙方之連繫工作

自 75 年 11 月初決定了都卜勒雷達陣地後,中美雙方即行開始做密集之連繫工作。在 76 年 2 月中旬以前多

以書函及備忘錄方式進行連繫，內容則為美方雷達大小規格、交運方式及船期、陣地設施及雷達車布設需求，油電及平面通訊設施需求等為主。其中，以 TOGA 雷達需用 50 Hz 之電力部分最感困擾，因為本省電力係以 60 Hz 為主，該雷達無法直接使用，必須尋求改裝之柴油發電機以為支應，最後決定由美方自備一柴油發電機方獲解決。76年2月中旬起，因感書函往返連繫緩不濟急，而民航局及 NCAR 均有 TELEX 設備，於是改用電報方式連繫以爭時效。76年3月中旬起，則更以國際長途電話每週連繫一至二次，以便我方代行辦理各種緊急事項，俾使都卜勒氣象雷達之準備工作能如期於76年4月底前完成。

四雷達天線中心之定位工作

在進行雷達陣地選址工作時，最基本之考量乃在基線長度，亦即是兩雷達之間距，因為基線長度足以影響雙都卜勒雷達網之資料範圍及解析度。為了使 TAMEX 計畫所測資料能供日後精確分析，以及作業掃瞄策略之釐訂，各雷達天線中心所在經緯度及海拔高度即有事先獲得之必要，於是我方人員在雷達均未運抵前，就精確度要求範圍內，憑藉收到之雷達設計資料，以及大比例尺地圖，推定出各雷達天線中心及相關距離資料，提供中美雙方計算之用，詳細資料因受篇幅影響，於此不再贅列。

五雷達陣地用地租借及整地工作

除民航局雷達設於中正機場之內，TOGA 雷達設於清泉崗基地中，無用地之困擾外，NCAR 雷達因經選設於苗栗外埔濱海之四塊農地之中，我方必須於76年2月先期以補償農地一季之收穫代價，並訂定保證復原之契約下，方才獲得76年2月下旬至7月15日間之使用權，而使 NCAR 雷達用地問題得以解決。其後，美方要求於76年3月完成陣地整地工作，我方即在國科會尚未撥付經費情況下，由民航局飛航服務總台先行墊款發包施工，整個工程包括移開表土至陣地邊、運填級配土石、整平壓實，加裝界圍，臨時水電及浴廁等。其中，表土清理堆置面積達 1400 平方公尺左右，級配土方約 1200 立方公尺，厚逾 2 公尺以與路面齊平，以方便長重雷達拖車進出，可見工程甚大。TOGA 雷達因選設於清泉崗基地滑行道旁草坪上，鄰近地勤單位營房，無需加裝浴廁設施，陣地上僅需加製鋼筋水泥墩座供 2 隻 20 呎貨櫃平行放置，施工較易，而於稍後發包製作。NCAR 及 TOGA 雷達陣地之土木工程先後於76年3月中旬即告完成，美方人員亦配合前來檢視並感滿意，惟美方人員對兩陣地工程支應之合計經費一萬美元僅及需要之三分之一略感訝異，經予分析及說明後方獲得瞭解，此亦一小周折。

六雷達抵台之通關及架設工作

NCAR 及 TOGA 雷達分別於76年3月底及4月上旬運抵基隆，由於事先與海關充分溝通與協調，再以公文申請，方獲准免稅出入，惟於辦理通關手續時，却經要求給付港埠工程建設捐百餘萬元，後經向海關解釋中美合作計畫之性質，方得順利通關。通關後，再經陸路拖運至各指定陣地，同時安排吊車以進行雷達天線組合及吊架工作，兩雷達分別於4月10日及16日完成安裝及布設，均餘有充裕時日，以供雷達校正工作。在美方雷達拖運過程中，因 NCAR 雷達係由一長 41' 4"，寬 8'，高 10' 6" 之天線座拖車 (Pedestal Trailer)，一長 41' 6"，寬 8'，高 12' 之作業拖車 (Operation Van Trailer) 以及一長 26' 7"，寬 8'，高 11' 11" 之 100KW 柴油發電機拖車 (Generator Van Trailer) 所組成，前兩拖車在我國公路運輸上均屬超高超長車體，需加警示燈或標誌方能運送，在部分限高之障礙性路段需將拖車輪胎放氣，另加拖盤方能通過。此外，NCAR 雷達三部拖車前部之卡筭盤係屬英制尺寸，因需尋找適合之拖車頭拖送，足見其費周章之處。TOGA 雷達因以兩隻 20' 長之標準貨櫃運台，在陸路拖運上則不成問題。

七中正機場都卜勒氣象雷達之架設工作

中正機場都卜勒氣象雷達採購案於民國75年4月4日第二次開標時決標，依據合約規定應於76年5月中旬前以海運方式運台交貨，經估計加上通關、點收、架設、測試及驗收等必要過程，需至76年6月初才能使

用。但為配合 TAMEX 計畫，因而有其後大部份裝備改為空運及提前交貨之合約修改，民航局並與得標廠家密取連繫。製造期間 NCAR 專家並曾至工廠評估進度，認為最快需至76年5月中旬方能作業，幸得廠家充分配合而依時於4月上旬陸續運抵中正機場，4月19日開始先行組合天線罩，21日吊架天線及天線軸座，22日吊架天線罩並予鎖定，重裝車部分於焉初步架設完成。4月24日起至月底之一週中，則進行室內裝配及測試工作，並順利完成驗收。民航局同仁自雷達決標後，以迄於4月底前完成架設，期間所感受之壓力實不可以言喻。

八雷達間平面通訊網之架設工作

由於都卜勒雷達於 TAMEX 期間作業行動命令來自設於中央氣象局之作業控制中心 (Operation Control Center ; OCC)，而三處雷達之掃瞄策略指揮中心設於 NCAR 雷達作業拖車內，因此 OCC 與 NCAR 雷達間需租用電信局專線電話。其他尚於各雷達所在位置申裝自動電話，並由民航局總台調撥並架設單邊頻 (Single Side Band ; SSB) 無線電話系統供用。其中，電話部分均洽請電信局以最優先等級如期於76年4月底前完成架設。

九雷達使用頻率分配及執照之申請

交通部為主管全國無線電頻率分配及使用執照核發機關，民航局總台在各雷達尚未運抵前提出申請，逐級呈報，其中 NCAR 及 TOGA 雷達俱屬臨時設台性質，為期雖僅二個月，惟必要手續仍不可缺。

十其他準備工作

依照都卜勒雷達組任務要求，尚有其他瑣碎之後勤支援事項，茲以條列方式略述於下：

(一) NCAR 雷達之導波管 (Wave Guide) 中時需打入氮氣 (Nitrogen) 以保乾燥，我方人員需洽受後龍附近之承銷商隨時供應，並將連絡電話提供美方人員備用。而氮氣鋼瓶上接頭部分，則由美方人員自行攜帶轉換接頭，以解決公制與英制接頭尺寸問題。

(二) 柴油貯油槽之購架

TOGA 雷達因採用 50 Hz 之電力，無法直接使用國內 60 Hz 之市電，最後由美方自行攜來一 23.5KW 之柴油發電機以解決用電問題，我方則購備不銹鋼貯油槽以資配合。NCAR 雷達可用 50 或 60 Hz 之電力運轉，除由我方申請低壓市電外，在作業期間亦經改採用油機電以免受市電中斷影響，NCAR 雷達備有 410 加侖油桶四隻供用於一 100 KW 之柴油發電機，每小時用油 5 加侖，數量龐大，因此有加設貯油槽及定期運補柴油之必要。由於中油公司售油並不負責運送到戶，NCAR 及 TOGA 雷達所用柴油均需由我方另行洽租油車運送。

(三) 電影底片之搜購

由於有一台 16 厘米彩色攝影機隨 NCAR 雷達運台，美方人員惟恐自美所購底片抵台時會受海關 X 光檢查儀破壞，因擬在台購用 12 捲指定之柯達日光用 7239 型伊士曼彩色正片 (Eastman Ektachrome Video News Film)，此種底片在本省市面上因使用人少已絕少見，經洽台北北投之柯達總公司得知尚有存貨 9 捲，即予預約保留並先購備 2 捲外，亦將詳情通知美方。

四人員住宿之安排

由於 NCAR 及 TOGA 雷達均設於中部，為方便作業人員之調度，係採集中住宿於同一旅館方式辦理。又為了餐飲及休閒活動之考慮，經討論後以台中市較為方便。在決定住宿旅館之前，先由我方人員預選六、七家提供美方參考，最後基於餐飲及交通方便之考慮，決定選擇鄰近台中火車站之旅館為據點。當然，在選擇過程中，亦可說是費了相當的功夫。

(五) 通勤車輛之安排

住宿地點既設於台中火車站附近，則人員往返外埔及清泉崗間之快速交通工具勢需事先予以安排，此項費用雖由美方人員自行承擔，但由於往返時間需視天氣情況而定，因此時間並不固定，我方人員在代覓車輛及駕駛人員上自感困難較多，惟最後均獲解決。

六、中美雙方人員通行清泉崗基地之安排

清泉崗基地為軍事管制地，中美雙方作業人員進出自受管制。美方建議每人核發通行證乙枚，惟因人數眾多，而且由兩週至三個月不等期間輪值方式辦理，通行證回收恐有疏漏，因此全部改採造冊方式送請軍事單位核備，遇有人員進出時，則由基地天氣中心人員以臨時通行證接入送出，此種方式接待人員雖較辛勞，惟總算解決了問題。

以上所述僅為幾個典型的後勤事項，當然其他尚有許多繁瑣之事，因限於篇幅於此不再贅述。

三、都卜勒氣象雷達觀測作業概述

在76年5月初至6月底之整個TAMEX計畫觀測期間，除在13次密集觀測時段收集了十分完整的資料外，更對密集觀測時段前後之環境場偵錄了許多資料，對於未來分析工作之助益將會很大。茲將顯著觀測結果概述如下：

5月17日凌晨澎湖以北之台灣海峽中出現一呈南北走向之輻線，寬約15公里，以每小時60公里之高速侵襲本省中北部濱臨台灣海峽地區，50DBZ以上最強回波及明顯輻合區通過竹南地區。6月1日亦有類似現象，惟強度較弱。5月17日中午時分，在中央山脈西側對流增強，強度在50DBZ左右，有鋒面結構跡象。

5月21日21時在彭湖北方之台灣海峽中，低層至高層之盛行西南風中，在三分鐘內低層風速急驟增加達20哩/時以上，為LLJ現象，其後五分鐘風速又迅速減弱並東退，但促成了大範圍對流雲。5月22日1613L至1633L之半小時中，同樣地有LLJ伴隨大雷雨胞出現，惟本次則向東移而登陸中部地區。

6月2日清晨5時，台灣西部外海盛行西南風與陸風交綏，產生東北至西南走向線狀排列之對流雲，惟隨後陸風減弱，對流雲亦消散。

6月6日1043L，以NCAR雷達在苗栗、新竹一帶偵測到強大風切現象。6月7日晝間，在盛行暖濕西南風之吹拂下，在中央山脈西側有中尺度對流胞自台南縣不斷衍生並沿山向北移行遠達桃園縣境，6月20日亦有相同情況出現，因風向稍微偏南，對流雲持續至22時仍然存在，惟強度減弱。

在實驗期間曾有多次鋒面通過之記錄，在IOP時段中，以6月8日中午時分通過之一次較為顯著，環境場中有微弱之垂直風切存在。

四、資料收集及未來處理方式介紹

中正機場都卜勒氣象雷達自76年5月3日1420L起，至6月25日2300L止，總共錄存了3185張雷達回波及風場資料圖，共耗用了2400呎長電腦磁帶23捲。在3185張資料圖中，除了7張係經轉換為XYZ資料外，其他則有1341張回波強度圖、943張風場資料圖及894張波譜變化分析圖，且均係配合計畫要求採極座標方式錄製之原始資料。以上之資料除經複製兩份，一份送資料管理組外，另一份則隨NCAR雷達運美處理。NCAR及TOGA雷達所錄電腦磁帶資料部分，則一併隨同NCAR雷達運返美國。未來美方將會以處理過之磁帶資料轉予我方，以供各界分析研究之用。

五、結

都卜勒氣象雷達作業對TAMEX計畫之成敗有關鍵性之影響，在我方都卜勒雷達組之成員及其他支援人

員齊心協力之下，順利完成準備工作，並使作業順利成功，獲得美方之推許，是我參與計畫全體人員得感欣慰之事。因此，在準備工作期間所遭之周折，以及人員勞心勞力之處，實亦不足道也。惟因準備工作之處理經過或可供日後參考，特為此文以誌。