

簡介空軍氣象業務的精進與自動化

李富城 易安成

(中華民國七十五年五月一日收件，同年五月十八日修正)

摘要

為達到「氣象觀測作業自動化及天氣預報作業數值化」之目的，本軍氣象部隊自民國 69 年起即已計劃添購電腦以精進我空軍之氣象業務，從而提昇我從業人員之素質及氣象資料之處理。此期間得我全體氣象人員的努力與辛勤工作，終於使得本軍之氣象電腦即將安裝試俾，從此本軍氣象業務即將步入自動化作業，邁向另一個新的里程碑。

文中提到：本單位將如何步入電腦化作業之過程，努力方向及困難，同時更實事求是以規劃未來發展，經過不斷努力，終於完成初步人員培訓及任務編組等多項紮根工作，以期未來發展更落實更具潛力。

一、前言

由於氣象資料數目龐大且天氣預報工作複雜萬千，致全球先進國家之氣象業務自資料觀測、傳報及數值天氣預報均已進入電腦化時代，是以民國 69 年起，空軍氣象部隊即已致力於氣象作業電腦化之改進，經上級核定後，由本聯隊負責國軍氣象電腦精進案之完成，使達到以下幾點主要目的：

1. 改進目前氣象觀測資料之傳報速度，迅速提供作戰單位最新之天氣變化。
2. 能迅速處理龐大之氣象觀測資料以提供各軍種所需要之氣候資料。
3. 提高天氣預測之準確率，免除人為主觀因素之影響。
4. 可與民間氣象單位完成連線以獲取更多之氣象資料，充分支援我三軍作戰能力。
5. 提昇我國軍之學術地位，進而可與國際間其他國家交換氣象資料以增進彼此邦交。

是以，在這科技日新又新的時代裏，各種飛行器可說都是瞬息千里，秒秒必爭，因此為避免日後遭到淘汰，且能夠迅速提供各項天氣預報起見，購買電腦以改善現有氣象作業實已刻不容緩。茲簡述如下：

1. 資料蒐集：利用電腦自動化之處理，將全球氣象資料經網路系統加以接收，分類及編審後，供電腦作進一步之處理。
2. 填繪圖：過去填繪一張天氣圖自始至終平均約需 6—8 小時，但如交由電腦執行，則僅需 30-40 分鐘，較以往而言，可節省大量時間，因此更能提升吾人對天氣系統之掌握。
3. 預報作業：初期係採取主觀預報及數值預報並行，待中央氣象局的超大型電腦正式運作後，即利用連線作業，引進該局全球及區域等預報模式以完成本聯隊所適用之天氣預報方法，從而迅速確實地提供各項服務。
4. 自動答詢：採用終端機及列表機兩種資料輸出方式，隨時供指揮官詢問天氣及下達命令時使用。
5. 統計作業：將氣候資料運用各種統計方法，如迴歸方程，相關分析及時間數列等技巧以完成客觀預報，增進我預報準確率。
6. 支援國軍需求：運用各風場資料，製作短、中及長距離之彈道氣象，充分供應我三軍有關單位使用。
7. 預報成績評定：由電腦擔任評審，對每位氣象

從業人員定期的評定成績，以公平比較其預報能力及改進預報效果。

8. 預防災害：迅速處理氣象雷達及衛星之觀測資料，再配合綜觀天氣系統和探空圖之分析，以計算空氣中水汽含量、穩定度等重要預因，從而估計其降雨量與降雨地區，如此，類似六三水災的現象即可提早避免。

此外對於「精進氣象業務」尚有一項重要原則，亦即人員、裝備與資料等事項的改進需同時着手，其中人員素質之提高已為國防部所要求之重點，必需教育與訓練兩者相輔相成，另外裝備與資料的自動化處理則為一體之兩面——必需有良好的裝備才能使資料處理迅速，也只有靠著完整的資料才能發揮裝備的效能。因此中央氣象局已與美、日氣象公司訂約，價購世界氣象組織的全球氣象資料（GWDI），以瞭解流動大氣系統中全球之天氣現況，同樣的，軍方亦需利用此項資料以供進一步之探討與分析；因此本軍的作業原則中早已規定“電腦自動化作業必須與氣象局密切配合，使彼此能相互連通，進而達到獨立支援作戰之目標”。基於此，本部隊已戮力於此目標之達成，上下一心，共同為「精進國軍氣象業務」一案而努力。

二、自動化作業程序之設計

氣象作業自動化是什麼？簡單的說就是將週而復始的填繪圖作業，天氣供應，資料抄錄、存檔，甚至預報成績考核……等複雜且不易客觀加以評比之工作交由電腦來處理，使之效率提高，準確性增加；同時更可提升人員的素質，使之轉致力於氣象理論與預報作業之比較、研究及探討，從而提升我天氣預報能力，所以氣象作業自動化之推動是當務之急，是勢在必行。

至於如何建立氣象作業自動化之步驟呢？首先必需瞭解目前之作業流程（如圖一所示），方能逐項分析其自動化之可行性與優先性，同時檢討其缺點、逐一改進，當可加強爾後天氣預報之能力；所以計畫中的自動化作業程序應該如圖二所示，是多元化且兼具高效率的流程，茲簡述如下：

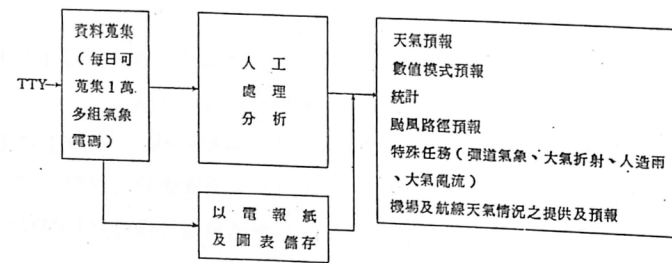
1. 氣象資料蒐集與處理系統（含自動答詢與天氣供應），大致可細分為以下三項：

- (1) 氣象資料來源，如圖三所示：將來自動化作業所需的氣象資料可分別由現有各印字電路中獲取或是轉收中央氣象局所購得之 GWDI 全球氣象資料。
- (2) 氣象資料之蒐集，主要有兩個目的，一是透過即時作業之處理，以完成天氣供應之自動答詢；另一便是將蒐集完整的資料，集中起來以作進一步之分析，否則在資料不齊全的情形下，進一步分析效果的正確性將會受到影響。（如圖四所示）。
- (3) 氣象資料之解碼與檢定處理，如圖五所示，必需先將資料透過物理方法及考慮時空等因素後，始得進一步建立資料庫，從而提供查詢或研究使用。

2. 填繪圖作業系統，採用離線式（off Line）原則，首先將處理過之氣象資料存入繪圖磁帶內，再透過控制器與繪圖機而填繪出所需圖形（如圖六所示），茲分述如下：

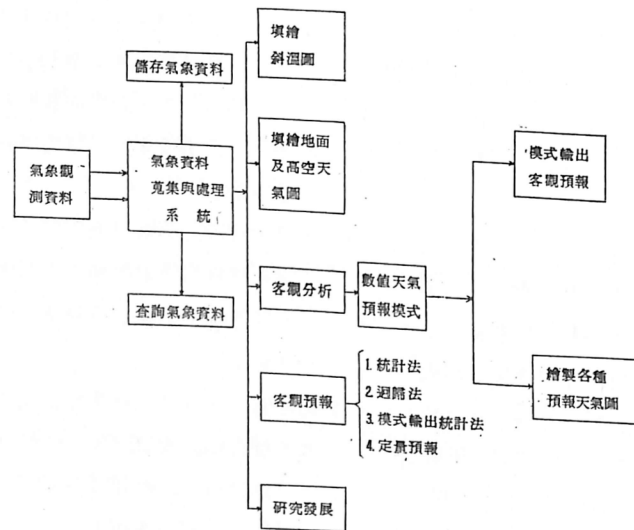
- (1) 填圖作業（圖七所示），需考慮各觀測站所在之經緯度位置，亦即網格點所在，同時配合地圖投影之方式及符號轉換程式，方能填出所需天氣圖。
- (2) 繪圖作業（圖八所示），需先透過客觀分析法，將測站資料換算至各網格點上，再加以平滑處理及邊界值處理，即可起動繪圖程式，繪出所需圖形。
- (3) 預報成績考核作業系統，將可免除人為主觀因素影響，公平地評定各人預報成績，並建立檔案完成評比（如圖九所示）。

因此，氣象作業自動化之完成，實有賴上述步驟之逐一完成與校驗，直到校驗結果具有八成以上之正確性時，方能取代人力而提昇其工作性質，如氣象統計資料之建立，氣象資料庫之處理及氣象模式之探討或運用……等等，故氣象作業自動化實為本軍提高天氣預報準確率之重大改革之一。

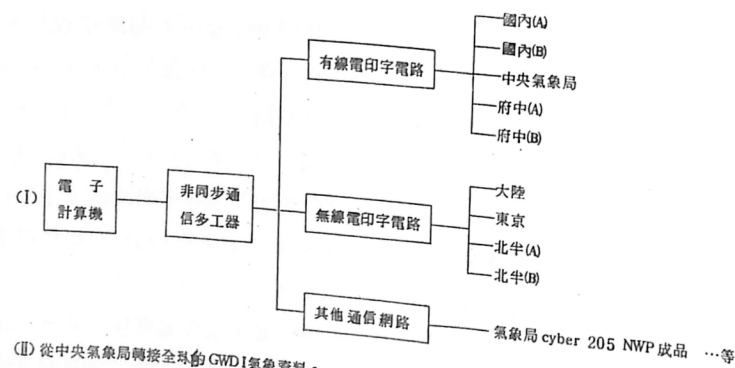


- 缺點：1 資料無法全部抄錄。
2 資料無法作進一步的處理與應用。
3 資料以電報及圖表紙方式儲存，時、空間受限。
4 預報的準確性與時效性無法作進一步的改善。
5 資料欠缺無法個案研究。

圖一：目前作業流程圖

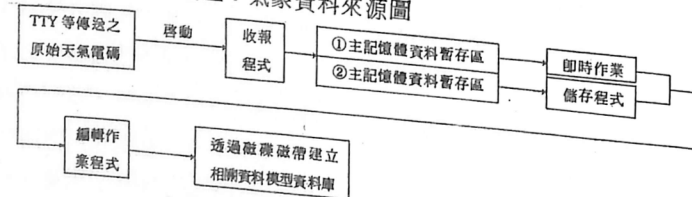


圖二：自動化作業程序圖

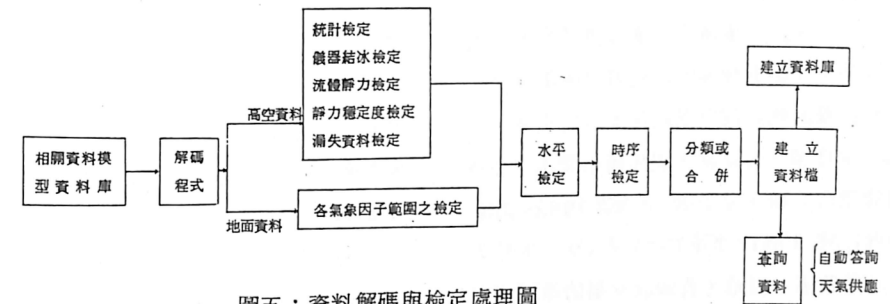


(II) 從中央氣象局轉接全島的 GWD 氣象資料。

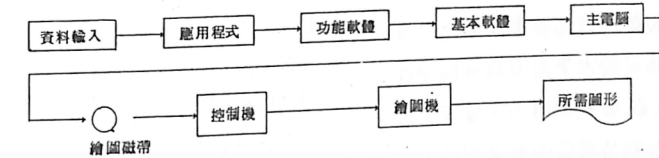
圖三：氣象資料來源圖



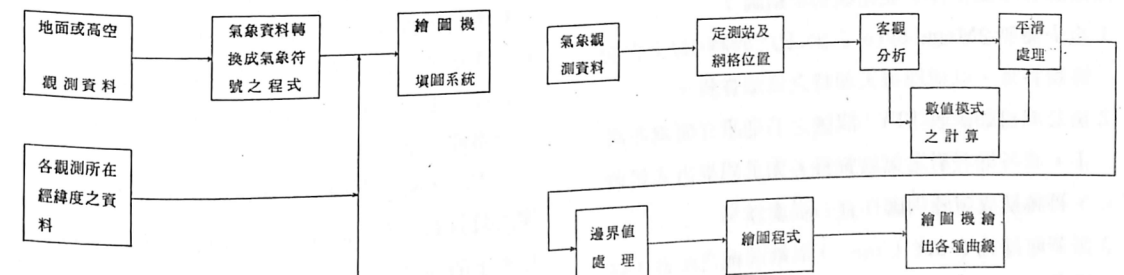
圖四：氣象資料蒐集圖



圖五：資料解碼與檢定處理圖

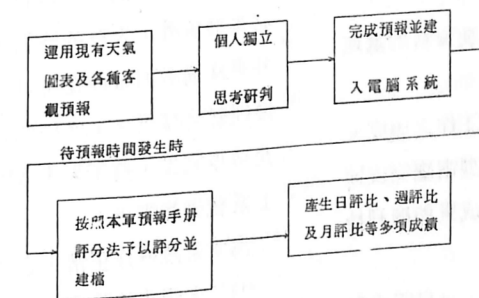


圖六：繪圖機作業流程圖



圖八：繪圖作業流程

圖七：填圖作業



圖九：預報成績考核流程

三、準備過程與困難

民國七十二年底，本單位經過多方連繫，完成初步電腦作業，開始有效率的處理各種氣象業務，從而奠定理論探討與實際作業相互配合之根基，期間不但對日常作業大有幫助，更先後協助本中心完成多篇研究報告（如王等 1980、羅等 1982、劉等 1981、1984 梁等 1984、李等 1984 等人），提昇了氣象預報之準確率。但是，若僅以受限的電腦能力來處理龐大的氣象業務，則會不勝負載，因此採購乙部專供氣象所需之電腦實有其必要。

然而採購任何一項裝備，首先需對產品之功能進行瞭解，其產品是否滿足需求？是否具有競爭性價格？其擴充能力與售後服務如何……等等，因此承辦人員之選派，除需熟悉單位中之各項任務外，尚需對電腦有基本認識，所以開始之初即組成「專案小組」，針對氣象作業自動化進行設計，連繫及採購等多項工作，並完成初步結論：

1. 至少需要 2Mega byte (2×10^6 拜特) 以上之記憶體容量，以處理每天即時之氣象資料。
 2. 需要能自動接收 TTY 訊號之「通訊介面處理器」，將各地發射之氣象資料，先予同步方式接收，再轉換成電腦內碼作進一步處理。
 3. 需要離線式 (off Line) 填繪圖機之配合，以完成各種天氣圖或輔助圖之繪製，從而爭取大量時效。
 4. 電腦處理氣象作業之速度需達到即時之要求，否則天氣現象已產生，預報作業尚未完成，那麼電腦自動化作業即失去其效用。
 5. 需要磁碟機與磁帶機的配合，使各種資料的處理、運用及儲存能夠迅速確實。
 6. 終端機數量需配合任務需求，以利工作之達成。
 7. 需能與中央氣象局即將建立之超大型電腦完成連線，使數值天氣預報 (NWP) 之成果能順利接收與運用。
 8. 需具有原機擴充 (Upgrade) 能力，一旦將來科技繼續更新汰舊，此套設備仍然滿足未來發展，使此次投資不致造成浪費。
- 基於以上原則，乃分別要求各廠商提出其建議

書以供參考，經過比較後發現：廠商的紙上作業都很用心，無法比較其優劣，加上小組成員中亦無一人同時有使用過各廠牌機器的經驗，所以在擬定採購計畫書時，遂即產生許多問題與困難，譬如：

1. 廠商產品的好壞，無法事先作客觀比較，容易產生困擾。
 2. 單位內的任務或工作，不易「定量」地畫入電腦發展系統內，僅能「定性」地將週而復始之工作逐一納入。
 3. 龐大的氣象資料到底需佔用多少電腦空間與時間？投資經費是否與採購電腦相互配合？四者之間的相互關係如何？均不易得知。
 4. 許多電腦方面的專精知識，如系統分析、資料庫管理或作業系統之管理……等等，均不易深入瞭解，無法獲知其優劣。
 5. 日後與中央氣象局超大型電腦之連線是否可行？是否需再投入龐大資金才能完成連線。
 6. 在不增加人員編制的原則下，如何完成人員培訓及任務編組，使工作順利完成，同時亦不影響平日業務之進行。
- 因此，對於問題溝通與困難解決遂需要透過承辦人員等的努力，廠商工程師們的解說及上級單位技術上的輔導，方能逐一克服而完成本單位的「電腦採購計畫書」，經過詳細審核後，終於獲准。

四、建立經過

由於系統的建立是多方面的，除了硬體、軟體的必備措施外，人員的培訓亦是相當重要，因此當聯動外事採購處與廠商在簽訂合約之前，即已考慮週詳，幾經磋商琢磨後，終於達成協定，使得採購電腦案算是初步完成，接下來即需對系統作進一步瞭解：

1. 系統硬體需求：

- 為使系統運作正常，它至少需滿足以下幾點條件：
- (1) 二十四小時作業必須有備份裝置及蓄電設施，以杜任何意外發生。
 - (2) 初級系統的硬體維修工作需要廠商的技術轉移，亦即當系統發生輕微故障時，能由吾人自行坦負此項工作。

(3) 整體保修採合約維護方式進行。

(4) 材料與零件的緊急替換需能適時適切的獲得支援。

(5) 系統的硬體架構如圖十所示。

2. 系統硬體運作概述

(1) 通訊處理機可將各地 TTY 信號經由通信線路傳至通信介面，再經過處理始轉成電腦所能接受的訊號，以作進一步之分析；反之輸出則以顛倒順序將資料傳報至各用戶。

(2) 通訊處理介面需負責以下事務：

- ① 將 TTY 信號轉換成電腦所認識的美國標準碼 (ASCII CODE) 後始送入電腦。
 - ② 本身具有保護裝置以避免通信線路所產生的相反極性、突破電壓及短路，而不致干擾到電腦之運作。
 - ③ 同樣的，電腦亦需將運算後的結果轉換成 TTY 的電流迴路及傳輸速率，以傳送到指定的 TTY 機器。
 - ④ 隨時監視通信線路之情況，一旦有斷路情事發生，立即發出警告。
- (3) 主電腦與週邊處理機均連接有主控台，值班人員可利用主控台以控制電腦之運轉，同時編審人員亦可透過專用控制台以執行其任務。
- (4) 磁碟機是個大容量的記憶庫，電腦可運用它作快速的資料存取作業，以發揮其效能。
- (5) 對於例行且大量的氣象資料可定期存放於磁帶上，以供日後的參考或研究。
- (6) 終端機可以將資料作輸出/輸入之處理，同時對資料的編審，校對亦頗具貢獻。

3. 系統作業需求

- (1) 電碼接收：平均每天有一萬四千筆「組電碼」(Code Group)，每筆「組電碼」又含有 10-30 項「電碼組」(Code)，每項「電碼組」再含有 5 個文數字 (Alphanumeric character) 及一個空格 (表一)，因此每天約有 2-4mega byte 之資料量需透過主記憶體來加以處理。
- (2) 客觀分析：電腦在得到資料後，即運用物理機制及數學方法加以檢定與修正，以得到網格點

上之新值。

(3) 變差計算：討論氣壓、溫度及其他氣象因子在時間序列上之變化，以進一步外推未來之天氣。

(4) 類型追蹤：將當時最新之天氣圖 (大氣結構) 與過去天氣圖相較，取其最近似之結構以為未來天氣之預報。

(5) 距平分析：將過去長時期之天氣圖 (氣壓場或溫度場) 以相同之月份 (或季節) 加以累計平均後，再與當日最新天氣圖相較，取其差值加以追蹤而作成未來天氣之預報。

(6) 颱風預測：利用數值方法與動力機制以計算颱風未來動向並提出預警，或者套用歐美現成模式，直接計算其強度變化以預知侵襲程度。

(7) 預報評定：由電腦担任天氣預報準確與否之評審員，可以公平比較各預報員之預報能力並改進預報效果。

(8) 填繪作業：平均每日的各種天氣圖表約有 39 張 (如表二所示)，若每張圖以 20 分鐘計，則共需 13 小時，較以往節省不少人力，同時更爭取不少時效。

(9) 資料儲存：所有接收和轉發的氣象報，三天內可置於磁碟中以隨時存取，但三天以前之資料則需轉錄於磁帶，以供將來統計、研究或查詢用。

(10) 預計未來五年需逐漸納入電腦作業之項目有雨量、風力及海浪等的預測，其範圍則包含有梅雨、乾旱、寒潮、雷暴及霜害等重要系統。

(11) 期望系統建立以後，能與中央氣象局所安裝之超大型電腦完成連線，以進一步獲取其 NWP 成果，從而改進天氣之準確率。

4. 系統軟體功能概述

- (1) 操作系統 (OS)：需具備有分時 (Time-Sharing)、成批 (Batch) 及交換處理 (Interactive Facility) 之作業能力，使大量而複雜之通訊網路能透過主機與週邊設備之聯繫而充分發揮其性能。
- (2) 應用軟體：需包含有一般性的程式語言編譯器，功用程式及網路方面的套裝軟體以提供自動

表一、每日 TTY 電碼接收表

每日共收到電碼列表

組電碼 (CODE GROUP) 電碼組 (CODE)	小時	00Z	03Z	06Z	09Z	12Z	15Z	18Z	21Z	備 (每小時固定) 接收電碼	組電碼 共 計
電碼名稱 (NAME)		(08L)	(11L)	(14L)	(17L)	(20L)	(23L)	(02L)	(05L)		
壓溫 METAR		/	/	/	/	/	/	/	/	57×24	1,368
地面及船舶報告 AAxx BBxx		1500 10	1000 10	1500 10	1500 10	1500 10	1000 10	1500 10	1500 10		11,000
探空報告 TTAA PPAA BB BB CC CC DD DD		370	/	50	/	370	/	/	/		790
飛機報告 PIREP		/	/	/	/	/	/	/	/		40
基地天氣預報 TAF, AMD		40 20	/	40 20	/	40 20	/	40 20	/	不定 最多 40 最少 0	160
特別天氣 SPECIAL		/	/	/	/	/	/	/	/		250
雷達觀測 SDCI		/	/	/	/	/	/	/	/	不定 最多 250 最少 0	35
危險天氣 HAZAT, OB		/	/	/	/	/	/	/	/	不定 最多 35 最少 0	30
颱風資料 TYPHOON		/	/	/	/	/	/	/	/	不定 最多 30 最少 0	100
海浪電碼 WAFOR		1 20	1 20	/	/	/	/	/	/	不定 最多 100 最少 0	2
總 計											13,775

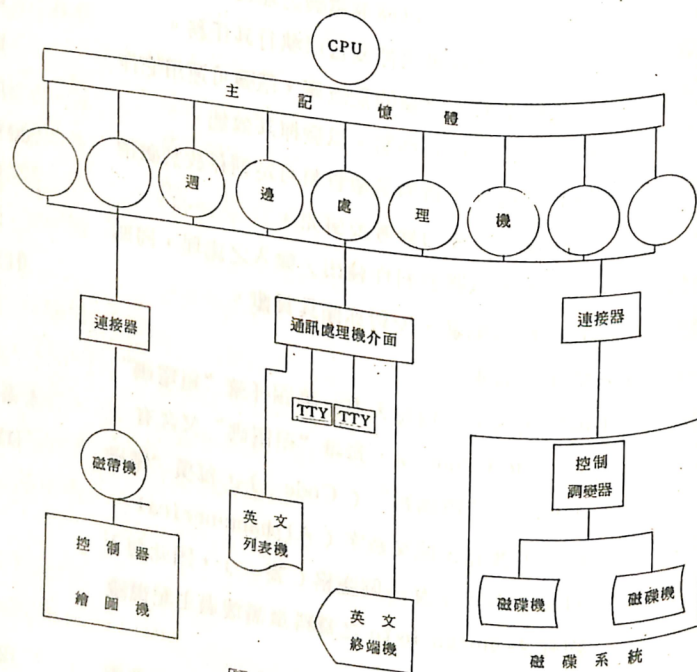
註：①電碼組 (CODE)：表示 5 個數字 (或文字) 加一個空格。

②組電碼 (CODE GROUP)：表示某一測站含有的各種觀測資料，它是由許多電碼組所組成。

即：組電碼包含電碼組。

表二、每日繪製氣象圖數量表

種 類	數量 (張)
地面天氣圖甲種	4
地面天氣圖乙種	2
高空天氣圖包括：	12
① 850mb ② 700mb	2 2
③ 500mb ④ 300mb	2 2
⑤ 200mb ⑥ 100mb	2 2
24小時溫度變差圖	2
24小時高度變差圖	2
24小時厚度變差圖	1
24小時氣壓變差圖	1
氣流線圖	2
斜溫圖	8
距平圖	2
北半球天氣圖	2



圖十：電腦硬體架構圖

化作業所必需之條件。

(3)填繪圖程式可採用中央大學洪秀雄老師所提供之 NCAR 系列，以適應單位之需要繪製各種相關天氣圖。

5. 任務編組

爲使此項電腦自動化作業能順利完成，除了需有機器硬體與軟體的配合外，更需要人員任務的分組，使其各司其職、各擅其長，方能事半功倍達到預期效果，因此單位在不增加編制的情況下，擬配合各人興趣，完成初步的任務編組：

- (1)系統分析小組：負責系統之建立、規劃及作業流程之安排……等工作。
- (2)程式設計小組：負責氣象程式之撰寫，NWP 成果之運用、發展及新進人員之訓練……等工作。
- (3)資料處理小組：有效管理各項資料及磁碟、磁帶，使資料能妥善保存與查詢。
- (4)硬體維修小組：需能處理各項緊急故障，同時加強對機器性能之瞭解，以進一步發揮機器之功能。
- (5)研究計劃小組：負責新理論或模式 (model) 之嚐試工作，以進一步開發適合單位之特定任務。
- (6)小組之上設組長一人，統籌規劃全盤業務之推展及錯誤改進，以適於未來任務之需求。

因此，一旦系統建立之後，各組即可本此原則，充分發揮其專長，使各項工作均能有所突破，達到精益求精之目的。

6. 課程訓練

爲使自動化作業能順利推行，首先即需要有適當的課程安排，讓從事工作者能熟悉機器之性能，及其所扮演的角色；因此人員在電腦系統及氣象理論方面的訓練，必需雙管齊下，齊頭並進，方能相輔相成以融會貫通。

五、未來展望

在這資訊日新又新的時代裏，任何系統均不敢保證「永遠跟得上時代」，是以此套系統的發展應

該是縱向與橫向兼顧的，而速度更快，容量更高則是將來擴展時的起碼條件，另外增添銀幕顯像機 (Tektronix)，中文軟體及增加終端機與磁碟機的數量等，亦是提高電腦效率的主要週邊設備，此外，還需注重軟體的發展與系統的管理，使其達到下列四個條件 (i) 普及性 (ii) 使用性 (iii) 時效性及 (iv) 可行性，那麼本單位日後電腦的發展，必能有效地協助我軍之演習或作戰，從而確保我戰力，光復我國土。

六、結論

資料處理自動化與天氣預報數值化是達到氣象作業更迅速更確實之路，是以當此資訊工業快速發展之際，我們必需瞭解，如不及時趕上進度，就會越差越遠，終致遭到無法獲取天氣資料之命運，到時更別談什麼天氣預報了。因此，氣象作業自動化一直是本軍長久以來所期望的一件大事，如今即將看到自動化時的成果，實在是可喜可賀，然而在此之前，許多長官筆路藍縷的開拓及全體同仁同心協力的研究，才能有今日成績，是以筆者一則以喜，一則以憂，喜的是辛苦耕耘有了收穫，憂的是將來還有更長更遠的路等待我們去開創，故我們除了繼續努力以求貫徹外，仍需任重道遠，方能使氣象作業邁入更高的境界。

七、致謝

本文之完成實有賴於劉廣英先生之指導，以及梁瑞禎先生的寶貴意見，在此謹致誠摯的敬意，另外俞川心同志的方法研究與從旁協助，更使本文增色不少，在此亦謹致十二萬分的謝意。

八、參考文獻

王時鼎，葉文欽，張儀峰，1980：台灣近海颱風運動及強度預報法，空軍氣象中心研究報告，第 018 號，P100。

吳宗堯、曾忠一、梁文傑，1980：亞洲地區氣象資料之蒐集檢定與分析及程式處理系統之研究(一)及(二)，氣象學報第 26 卷第二期及第三期，P1 ~ 70 及 P1 ~ 31。

李富城、俞川心、吳濟新、黃幸彥，1984：颱風侵襲下台灣地區強風分析及持續時間客觀預報之研究，空軍氣象中心研究報告，第 029 號，P78。

梁瑞禎、鄭茂林、沈蛙，1984：夏季西太平洋副熱帶高壓與台灣地區天氣分析研究，空軍氣象中心研究報告，第 030 號，P47。

劉廣英、曾若玄、孫摩西，1981：新竹外海風浪研究，空軍氣象中心研究報告，第 020 號，P43。

劉廣英、梁瑞禎、李富城、鄭茂林，1984：桃園沙崙外海浮筒附近海面氣象分析研究，空軍氣象中心研究報告，第 028 號，P155。

羅季康、梁瑞禎、謝維權，1982：夏季高空冷心低壓與颱風之關係，空軍氣象中心研究報告，第 023 號，P32。

An Introduction to the Improvement of Meteorological Operation Process in Weather Wing CAF

Fu-Cheng Lee An-Cherng Yih

ABSTRACT

"Automation in meteorological observation and numerical prediction in daily operation" are two important aims of our Weather Wing since 1980. Thus, we hope to improve the quality of ourselves-discipline and get the best weather forecasting in meteorological work for a long time. Finally, we made it by purchasing a super-mini computer. During this construction period, we need to appreciate the commander's enthusiastic guidance and proper management to help us to finish this program.