

# 中央氣象局第二代數值天氣預報整體控制系統發展近況

譚允中 蔡翠璧  
中央氣象局資訊中心

黎兆濱  
資訊工業策進會

## 摘要

中央氣象局第二代數值天氣預報自1994年7月1日起正式上線啓用，在新的作業中不但改進了預報的模式部分，計算主機也採用CRAY Y-MP超級電腦，整體控制系統亦重新設計以滿足新的需求。第二代數值天氣預報的整體控制系統分爲預報主控、查詢監控、繪圖和資料傳送四個部分，不但可以掌握預報作業中的各種狀況、靈活調整預報的流程、提供操作監控的環境，並且能將預報的結果即時傳送給下游單位，模式的研究設計人員也可以立刻看到預報的結果，此系統的另一特色是在架構上採取彈性的設計，易於根據作業需要的改變而做出相對應的調整。本文將針對目前整體控制系統的各部分做一簡單的介紹。

## 一、前言

中央氣象局自1983年起推行全面業務電腦化，引進了超級電腦，並開始發展數值天氣預報，於1984年至1989年間完成第一期的發展計畫，以CYBER 180及CYBER 205爲主機建置了第一代的數值天氣預報作業系統，不僅提昇了氣象預報的品質，也培育了氣象局進一步發展與改進數值預報的能力。從1990年起氣象局開始第二期的發展計畫，預計在五年之內完成第二代的數值天氣預報系統，主要的工作除了使用最佳內插客觀分析的方法(Optimal Interpolation)分析資料、建立全球波譜預報模式、建立疊合式的有限區域與颱風路徑預報模式等改進之外(葉等, 1993)，運算主機也採用了更快速的CRAY Y-MP8I/632及CRAY Y-MP2E/132超級電腦。爲了充分發揮高速電腦的計算效能，並且配合將預報結果迅速地傳輸給如氣象資料整合與即時預報系統(Weather Integration and Nowcasting System, 以下簡稱WINS)(程, 1992)、氣象服務系統(SERVICE)等下游單位，還希望監控系統與研究環境結合，讓模式的研究發展人員能立即知道作業的情形與模式的表現，整體控制系統必須重新規畫才能滿足這些新的需求。第二代數值天氣預報系統自1994年7月1日正式上線作業，目前大致已可滿足作業中心的期望。

本文針對日常作業中，由自動氣象資料處理系統(Automatic Meteorological Data Processing System, 以下簡稱AMDP)將觀測資料傳入數值天氣預報主控系統以後的程序加以說明，其中控制的工作包含各模式及相關程式的自動作業程序、資料的備份及清除、資料的長期儲存、查詢監控系統的設計、異常狀況的處理、資料的繪圖與資料的傳送。本文第二節將說明整體控制系統的設

計及其作業環境，第三節對預報主控系統作簡單的介紹，包括對預報作業流程和資料處理的討論，第四節說明查詢監控系統的設計，第五、六節分別解釋繪圖系統和網格點資料傳送系統的運作方式，最後則對目前整體控制系統作業的狀況做一檢討和總結。

## 二、整體控制系統的設計目標與作業環境

數值天氣預報作業的整體控制系統是根據氣象資料自AMDP系統傳入以後的流程加以設計，預期達到的主要目標爲：

- (一) 在時效上要能滿足每日預報作業發佈氣象資訊的時程，將各相關模式的計算結果及圖檔在最短的時間內提供給預報人員參考，以便及時做出最佳的分析判斷。
- (二) 能二十四小時全天候自動作業，在正常狀態下不需要任何人爲的介入即可順利進行預報，甚至在異常狀況發生時亦有部分自動處理的能力。
- (三) 具有監控的設計，讓全天候輪班的操作員可以隨時觀察到數值天氣預報執行的狀態，並能在異常狀況發生時立刻加以處理。
- (四) 具系統備份與資料備份的功能，系統備份是指將兩台CRAY主機設定成一爲執行主機，另一台爲備份主機。當執行主機的電腦發生異常狀況無法進行預報時，備份主機能自動偵測出此情形，並自動轉換爲執行主機繼續未完成的預報工作。資料備份是指模式所用到的資料在兩台主機上都各自保留一份，以降低檔案毀損的危險，也使得備份主機在異常狀況下接替執行預報時，不致因爲資料不足而無法接續預報。

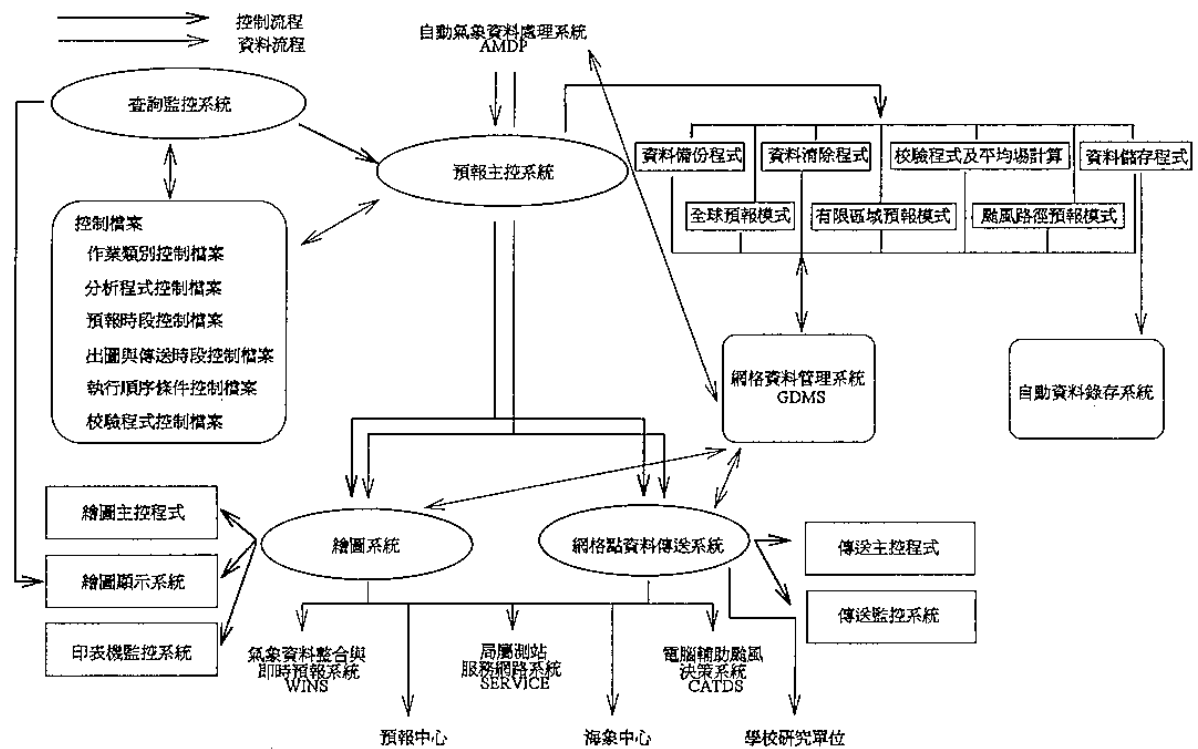


圖 1 中央氣象局第二代數值天氣預報作業整體控制系統架構

(五) 作業控制系統可任意以時間驅動或事件驅動的方式啟動，如此才能達到每日定時作業的需求，而又可兼顧在異常狀況時必須以事件驅動方式進行整體預報流程的彈性。

根據以上的基本需求，第二代數值天氣預報作業的整體控制系統分為四個部份，分別是預報主控系統、查詢監控系統、繪圖系統與網絡點資料傳送系統（參見圖 1）。預報主控系統建構於各有 32 MWord 記憶體之 CRAY Y-MP81/632 及 CRAY Y-MP2E/132 的主機上，負責預報流程的控制、模式的計算及資料的備份、處理和儲存。內含 6 個 CPU 的 CRAY Y-MP81/632 具有較強的運算能力，因此被預設為運算主機，而內含一個 CPU 的 CRAY Y-MP2E/132 則為備份主機。CRAY Y-MP2E/132 另連接至一個自動資料錄存系統 (STK 4000 Automatic Cartridge System)，其 1.2TB 的儲存空間被用來存放數值預報所產生的大量資料。查詢監控系統的主要工作在監看數值天氣預報的執行狀況，並能夠查詢作業環境中的相關資料，此外亦提供操作畫面以供人為介入處理異常的狀況。繪圖系統的任務在迅速將數值天氣預報的產品繪成圖檔印出並將圖檔傳送至有需求的單位。網絡點資料傳送系統則是將數值天氣預報的計算產品立即傳送到下游系統，這些下游系統會再將預報的資料加以處理，供預報人員或研究人員使用。查詢監控系統、繪圖系統與網絡點傳送系統都是建構於 HP 9000/750 或 HP 9000/755 的工作站上執行，各系統也都安裝在兩台或兩台以上的工作站，以確保執行主機故障時有備份的工作站可接替執行，達到系統備份的目的。以上這四個子系

統雖然各自有其專屬的功能及任務，但是在預報作業中則有互相依存緊密結合的關係，唯有各子系統都正常運作才能使預報作業正常進行。

在硬體網路的配置上，為求降低網路故障的可能性，兩台 CRAY 主機之間的網路同時以三種方式連接：High Performance Parallel Interface (HIPPI) 以每秒 100 Mbytes 的速度傳送資料，Fiber Distribution Data Interface (FDDI) 的傳輸速率則是 100 Mbit/sec，Ethernet 的傳送速度較慢，每秒傳送 10 Mbit 的資料。各工作站與 CRAY 主機或各工作站之間則同時以 FDDI 及 Ethernet 的網路連結，確保資料能夠順利地傳遞。在整體的網路上，各工作站主機亦以 Ethernet 與作業以外的網路相通，讓一般的模式研究發展人員亦可透過這個管道順利取得作業模式的產品與相關資訊。（參見圖 2）

在軟體環境的設計上，整體控制系統使用的主機均採 UNIX 開放系統架構，監控操作畫面則都以 X 視窗的方式製作，易於調整以因應環境的改變。在資料的使用管理上，目前 CRAY 主機使用 Empress 資料庫來儲存所有的預報資料，在各工作站則利用 UNIX 系統的檔案系統架構設計出一套資料存放的系統，以上兩者則都是透過網絡資料管理系統 (Grid Data Management System，以下簡稱 GDMS) 加以管理，GDMS 提供了公用程式與介面供使用者呼叫，因此在讀寫資料時只需要採用相同的指令即可在任何一種主機運作，其主從式的架構設計也包含了網路上交換資料的功能，被使用的資料可以存取於任一主機，達到資料分散式處理的目的。

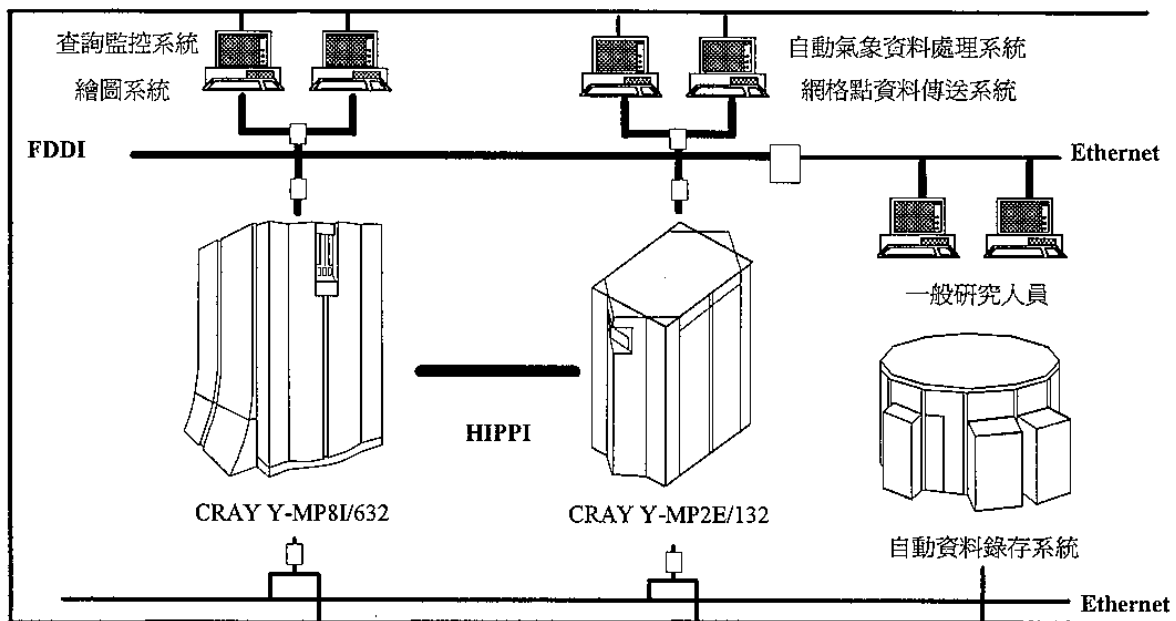


圖2 中央氣象局第二代數值天氣預報作業電腦網路架構示意圖

### 三、預報主控系統的設計架構

目前每日的數值天氣預報作業中，大致可分為計算與資料處理兩類工作。需要計算的主體包括(一)觀測資料的分析，採用容積統計客觀分析法；(二)全球預報模式，採用T79L18的波譜模式；(三)有限區域預報模式，其中又包含粗、細不同網格的計算，粗網格以台灣為中心包含161x121的水平格點，水平格距為60公里，垂直20層，在台灣附近區域則再進行以粗網格為邊界條件而格距為20公里的細網格計算，水平有91x91個網格點；(四)在熱帶低壓或颱風接近台灣時執行颱風路徑預報模式，使用的方法與有限區域預報模式相似，只是在處理初始場時需要加入一虛擬渦旋以彌補颱風附近區域觀測資料的不足；(五)各預報模式的校驗程式，包括計算平均誤差、標準偏差、異常相關和S1得分等資料，用以檢討模式的表現並作為日後改進的參考；(六)候、旬、月及季平均場的計算及統計預報的結果(葉等，1990)。在資料的處理上，需要執行的工作則包括啟動繪圖系統將計算結果繪製成圖檔、啟動網格點資料傳送系統將計算結果分送下游單位及資料的備份、儲存與清除。為了在每次預報時能順利完成上述各項工作，預報主控系統訂定出一套預報執行的架構，以下將對預報流程與控制方法分別說明。

#### (一) 預報流程

在實際作業的程序中(預報作業時程參見圖3)，預報的執行順序是每日定時先由AMDP系統取得觀測資料，讀取資料所設定的時間希望能儘量延後以便收集更多的觀測結果，但也不希望太晚啟動以免模式的計算時間不足，導致無法在時限內提供預報中心足夠的資訊。在取得觀測資料後即進行全球預報模式的客觀分析及初

始化程式，再執行第一個預報時段(目前為12小時)的預報。當全球預報模式完成第一個預報時段之後，有限區域預報模式即可取得足夠的邊界條件，因此可以開始進行有限區域預報模式的客觀分析、初始化及第一個預報時段的預報。由於現行CRAY主機的記憶體空間尚不足以同時執行兩個以上的預報模式，在必須交替執行的限制下，全球預報模式會等有限區域預報的預報時段結束後再接續進行下一個預報時段的計算。至於在必須執行颱風預報路徑模式時，執行程序的安排與有限區域預報模式類似。由於希望儘早取得颱風預報的結果以分析立即可能發生的災害，此模式會在全球預報模式提供邊界條件的情形下優先執行。當各模式的每一個預報時段結束之後，預報主控系統將原本在s座標的預報數值轉換為氣壓座標的數值以方便日後的應用，並會再依據執行項目總表的內容決定是否要針對該時段做繪圖、資料備份或將資料傳送下游的動作。若有需要，則分別啟動繪圖系統、網格點資料傳送系統或資料備份程式，前兩者會利用工作站來執行，因此可以與模式同時執行並達到立刻顯示預報產品的要求。資料備份程式則將預報結果複製一份到備份主機上，以確保資料的安全性。

在所有的預報模式計算完成之後，主控程式再依序執行無時效壓力的校驗程式與候、旬、月及季平均場的計算，並在需要時啟動繪圖系統繪圖。主控程式流程的最後則是將必要的資料存於自動資料錄存系統，儲存的方式是以固定的磁碟容量做定期循環儲存。目前儲存的資料包括1. 以永久存放並且提供外界使用為目的的資料，由於需要長期儲存，所以定期會再將資料由自動資料錄存系統轉錄至4mm磁帶上存放，資料的格式是仿照FGGE (First GARP Global Experiment)網格點資料的存放格式編碼，此種資料最為齊全，但是只保留16位元的精

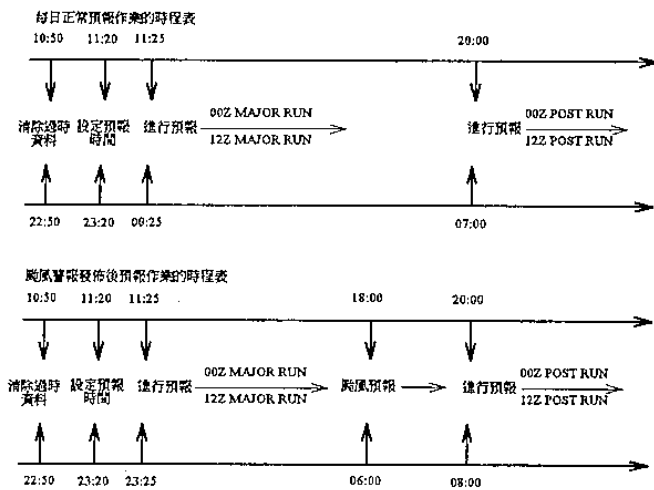


圖 3 數值天氣預報作業的時程表

確度。2. 觀測資料及模式在s座預報的結果，以作業中資料的原始格式儲存，可供模式的研究發展人員校驗分析之用。由於此種資料維持數值預報時的精確度，相對也需要大量的儲存空間，目前僅保留最近一個月內的資料。3. 颱風路徑預報模式使用的觀測資料及邊界條件，依其原有的格式存放，目的在提供該模式的研究人員分析時使用。

中央氣象局目前預報作業程序採每12小時預報一次，在00Z及12Z分別做一次完整的主要預報(major run)，00Z的major run受到預報時間有限的壓力，目前只做48小時的預報，12Z的major run則有較充裕的時間，可以做較長時間的預報，預報時數參見表1。但是因為在這兩次主要預報啟動時可能尚未收集到完整的觀測資料，因此在每次主要預報結束之後再執行一次最短時程（目前為12小時）的補充預報(post run)，利用這次完整觀測資料進行模式計算，再將比較好的預報結果提供給下一次主要預報時作為初始場使用。在發佈颱風警報的情況時，除了在00Z及12Z的major run中會加入颱風路徑預報模式的計算外，在兩次major run完畢之後會再增加執行一次颱風路徑預報的48小時預報，此預報執行的目的在於希望得到更完整的氣象資料後可以提供更正確的初始分析場以增加預報結果的準確度，因而較能掌握最新的颱風動態。

(二) 預報控制方法

預報主控系統的主要任務在於將以上所述的各種計算及資料處理工作依序執行，由於各模式及資料處理程序的內部是由許多功能不同的程式組合而成，彼此間有複雜的執行順序關係，而每次預報執行的程式又會因為預報時程的長度而改變，為求主控系統在執行時具有彈性，所以主控系統於每次預報作業時，先將該次預報應當執行的程式及其執行的順序製作成一預報執行項目總表，然後主控系統依據總表中的順序將各程式分別執行。此種架構的好處在於可藉著更改總表中的內容而變動預報執行的程序，使得調整各模式預報的順序或預報時間的長短都非常方便。為了要能靈活地變更預報工作項目總表，目前的設計是將作業中所有需要執行的程式和用到的控制變數都先建成控制檔案存於電腦之中，控制檔案包括一個作業類別控制檔案和多組預報用的參考控制檔案。作業類別控制檔案是用以決定各模式及各資料處理程序的執行與否，系統維護人員或操作員利用這個檔案可以容易地啟動或停止如模式、繪圖、傳遞、備份或儲存等任何一類程序的進行；而每一組的參考檔案控制是會標明一種預報模式和預報時段的執行程序，用以設定該種預報的程序，其內容包括：

1. 分析程式控制檔案：設定各模式分析資料程式的執行順序，其中包括自AMDP系統讀取觀測資料、各模式客觀分析及初始化等程式的執行。
2. 預報時段控制檔案：決定各模式需要預報時數的長度和那些預報時數需要將計算結果作輸出。由於預報中心對於00Z與12Z氣象資料向外發佈預報結果的時間不同，所以模式執行時間的長短也隨之改變，在較無時間壓力的預報程序時就可允許模式預報更長的時數，以提供更多的資訊。（參見表1）
3. 出圖與傳送時段控制檔案：在各預報時段中設定那幾個預報時段需要將計算結果繪圖或傳送給下游單位，這樣可以靈活控制資料的出圖與傳遞而不致造成無謂的繪圖或傳送，在需求改變時亦能便於調整。
4. 執行順序條件控制檔案：設定各程式之間執行的順序關係。例如有限區域模式的執行結果因為涉及台灣附近區域的未來天氣狀況，是預報員希望知道的資料，所以作業時希望儘快得到有限區域模式預報的結果，而有限區域模式的邊界條件是利用全球預報模式的計算結果推算，是故在每一個預報時段中，必須以先計算全球預報模式，然

預報時程	正常預報作業		颱風時的預報作業	
	00Z MAJOR RUN	12Z MAJOR RUN	00Z MAJOR RUN	12Z MAJOR RUN
全球預報模式	00-48	00-168	00-60	00-120
有限區域預報模式	00-48	00-48	00-48	00-48
颱風路徑預報模式			00-48	00-48

單位：小時

表 1 中央氣象局第二代數值天氣預報各時程的預報時數

後再執行有限區域預報模式的方式交替執行；而在有颱風的期間，作業程序中更要能加入颱風路徑預報模式的計算，執行的次序則依實際預報時的需求而訂定。

5. 校驗程式控制檔案，設定各預報模式都結束後所需要執行的校驗程式和候、旬、月及季平均場等程式的執行順序。

當各組控制檔案及模式相關程式都準備妥善後，預報作業的軟體環境也就設定完成。預報主控系統每次啟動時，首先讀入作業類別控制檔案以決定此次預報應執行的項目，然後讀入該時間應執行的一組控制檔案以決定預報應執行的程式與預報時程，如此即可製作出該次預報的執行項目總表，總表中會列出每一程式模組執行的狀態及下一個應執行的程式模組，自動作業的主控程式再根據此總表將各程序依序執行。總表中各程式的初始狀態均是未曾被執行，而當表中的某一程式執行完畢後，執行的結果會被記錄回總表之中，主控程式再依據總表中的邏輯關係決定下一個應執行的程式並將之啟動執行。由於總表中的邏輯關係並非是一一對應，可以將之設定為必須多個程式結束後才能執行某程式，也允許當某程式執行完畢後同時啟動多個程式，使得總表中程式執行的順序富於彈性於而又可發揮多種工作同時進行的能力。一般程式的結束會啟動下一程式的執行，但是對於需要長時間計算而且在計算中間必須交替執行的各預報模式主程式而言，在每個預報時段結束後就需要啟動另一預報模式和繪圖、資料傳送、資料備份等程式運作，無法等到模式完全結束後再呼叫下一程式的執行，所以各預報模式是以每一次的預報時段為執行計算的單位，每個預報時段完成後啟動下一個應執行的程式。做法是在主控程式與各預報主程式間都建立一系統管道(system pipe)以交換訊息，主控程式會利用此系統管道要求模式執行某一時段的預報，而模式在執行完該時段的工作後亦由此方式通知主控程式，再由主控程式啟動下一個應該執行的程式或預報時段。此種設計的優點在於每一個預報時段結束之後可以立即將計算結果加以處理，再配合上前面所提的多工處理能力後，進行某一時段預報計算的同時就可以執行繪圖、資料傳送下游和資料備份等多項工作，不但大量節省了整體預報執行的時間，並且達到即時提供預報資料的需求。

為了控制可能發生的異常狀況，主控程式會在預報過程中檢查各程式執行的結果是否正常，在有錯誤時則以警告訊息顯示於操作員監看的螢幕上，並同時發出警告的聲音提醒操作員處理，異常狀況的記錄也會被保存以供日後檢查。在程式執行失敗時，主控程式目前的設計是自動跳過失敗部份的相關程式，直接進行其餘不受影響的計算，並且允許主控程式在異常狀況排除後重新執行原預報程序時，可以繼續總表中未完成的動作，不必再重覆已經完成的計算或處理。在預報程序的最後，主控程式會統計出此次的預報執行報告，其中明列各項目的執行結果，檢查此一報告即可知道這次預報是否正常。

在日常作業時，CRAY主機系統會定時啟動主控程式及資料清除程式，前者負責預報作業的進行，後者則會清除硬碟中過時的資料，確保預報進行時有足夠的資料存放空間。備份主機(CRAY Y-MP2E/132)的電腦並且會負責檢查執行主機(CRAY Y-MP8I/632)是否正常，若發現執行主機故障則會自動啟動並接續尚未完成的預報，不過由於備份主機目前僅有一個CPU，計算速度較慢，因此在它接續執行預報時會將執行項目總表改為預報時數較短的程序，以配合每日預報作業時程的安排。當CRAY Y-MP8I/632故障排除後，CRAY Y-MP2E/132亦會偵測出並且將工作轉回CRAY Y-MP8I/632繼續運作。

## 四、查詢監控系統

查詢監控系統的主要目的在於觀察、控制數值天氣預報全程作業的進行，預期能做到(一)提供一般模式研究人員觀察數值預報的作業情形(二)提供操作員監看作業及處理各種異常狀況的工具(三)提供系統維護人員改變控制檔案或變更控制程序的工具。根據以上的需求，查詢監控系統下劃分為查詢、監控、系統維護及輔助說明四類功能(參見圖4)；前三類功能係提供給三種不同等級的使用者，為避免不必要的錯誤，因此利用進入系統時輸入的密碼將三種功能區隔，超過權限的功能會自動隱藏，無法使用，輔助說明功能是告訴使用者畫面操作的方法及基本的系統設定，可被任何等級的使用者叫用。

一般模式的研究發展人員所使用的是查詢功能，此項功能提供有關數值預報作業的各種運作資訊，可以查詢預報的時間設定、目前預報的執行主機名稱、執行主機上各程式的執行狀態、CRAY主機的硬碟空間使用狀態以及各控制檔案的設定；另外經由查詢介面還可以查詢執行項目總表的內容及預報執行的結果，並且可以讓使用者檢視各程式執行過程中所留下的記錄。為了讓一般研究人員能方便地看見預報的產品，查詢功能中還特別設計了一個選項可以啟動繪圖系統中的繪圖顯示介面，由此介面可以立刻顯示預報模式計算後所繪出的結果。其中圖檔的種類與顯示功能會在下一節中介紹。透過此查詢工具，使用者可以清楚地了解預報作業環境的設定與執行的過程，模式發展研究人員也可以追蹤模式的執行過程是否正常順利，由顯示的圖檔更可以立即分析模式預報的結果。查詢功能的限制在於僅能查詢數值預報執行的狀態及產品，無法對作業環境或程式做任何的改變。

操作員除了具有一般模式研究人員查詢的權限外，還必須監看作業的進行與適時處理異常狀況，因此又可使用監控的功能。監看作業的畫面是以curses程式製成，顯示於操作員的螢幕上。CRAY執行主機對任一程式在執行完畢或執行失敗時，都會送出訊號給監看的畫面以顯示該程式的執行狀態與執行時間，任何程式執行過久或執行失敗均可由此畫面察覺。監控功能除了提供監看的畫面外，並提供了各種介面讓操作員處理異常的

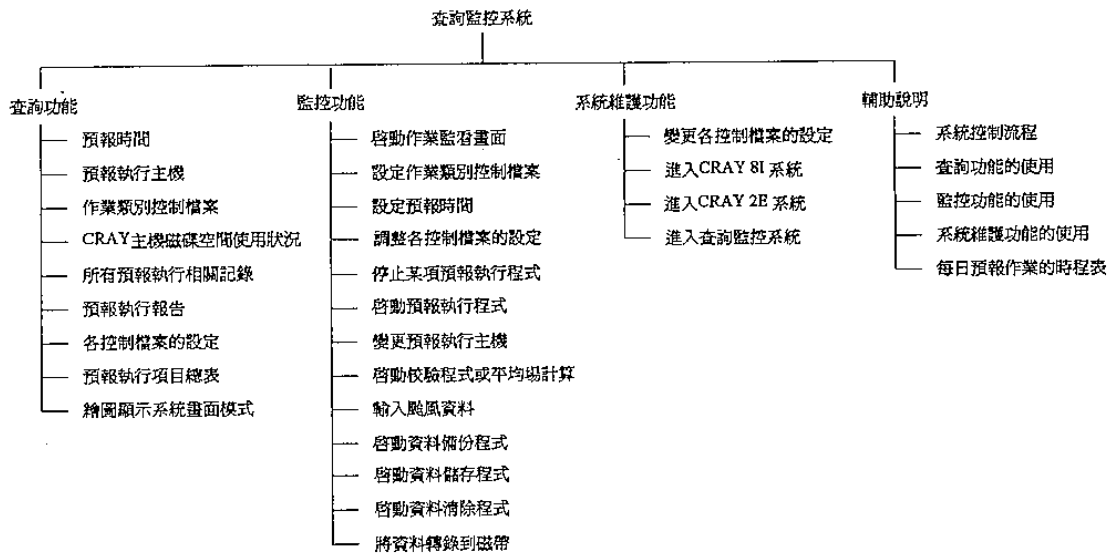


圖 4 查詢監控系統的畫面功能

狀況，包括調整各種控制檔案的設定、變更預報的時間、變更預報的執行主機、停止某項程式或整體預報的進行，也可以啟動某一預報程序或重新執行預報中某一項失敗的程式。在執行颱風路徑預報模式前必須提供的虛擬渦旋資料亦由操作員在此輸入。另外，需要長期儲存的預報結果必須轉錄於4mm的磁帶上，轉錄資料的操作畫面也在此提供。在監控的功能等級中，操作員可以處理各種異常狀況的發生，但是仍受限於既定畫面中所指定的操作項目。至於系統維護人員則可以使用查詢、監控及維護的任一種功能，維護功能允許系統維護人員對預報主控系統或監控系統做任意地調整修改，達到維護系統的目的。

查詢監控系統的運作方式是當使用者選取某項功能後，此系統會透過網路而在預報的主機上執行相關程式，然後將執行結果顯示於工作站的螢幕。操作介面均以X視窗方式製作，可以將其畫面顯示於網路上任一台機器，便於使用。這個系統目前分別安裝於三台工作站之上，只要有任意一個工作站處於正常狀態即可滿足作業監控的需求。日常作業中將兩台工作站保留為操作員監控使用，確保作業的順利進行，另外一台工作站的監控系統則主要在提供模式研究人員觀察作業情形之用。

## 五、繪圖系統

繪圖系統的主要目的是輸出預報作業所需的圖檔，為了不佔用CRAY主機的軟硬體資源，目前是架構於與作業用查詢監控系統相同的工作站上執行。它的功能除了將模式資料繪圖與供操作員控制作業外，為了方便研究人員看到模式計算的結果，另外還加入了顯示圖檔的介面，整體組合為具有繪圖、控制和顯示功能的完整架構。此系統內部主要分為繪圖主控程式、繪圖顯示系統及印表機監控系統，前者負責繪圖的工作，後兩者則提供顯示和監控的功能。運作的方式是由作業主機在需要

出圖的時段透過網路啟動繪圖主控程式，操作員則可以利用繪圖顯示系統監控繪圖執行的狀態，而圖檔印至列表機的過程則可由印表機監控系統觀察。繪圖系統現行繪製的圖包括有全球預報模式的輸出、有限區域模式的輸出、颱風路徑預報模式輸出，並且也有校驗程式的產品及候、旬、月、季平均場計算的結果。同時為了滿足模式研究人員比較各模式差異的需求，亦自AMDP系統輸入歐洲中期天氣預報中心(European Center for Medium Range Weather Forecasts, ECMWF)的全球模式預報產品，美國氣象局國家氣象中心(National Meteorological Center, NMC)的全球模式中預報產品以及日本氣象廳(Japan Meteorological Agency, JMA)的全球模式預報產品，並將這些資料加以繪圖，圖檔中的一部分會依預報中心的需求直接由印表機輸出，一部分則直接分送給有需要的下游單位，目前傳送的對象有SERVICE系統、WINS系統、電腦輔助颱風決策系統(Computer Assisted Typhoon Decision System, 以下簡稱CATDS系統)、海象中心及負責長期預報的單位。而全部的圖檔則均以NCAR CGM的格式儲存於硬碟之中，供使用者在選擇顯示圖檔時使用。以下對繪圖系統的各部分分別說明。

### (一) 繪圖主控程式

繪圖主控程式的任務在控制整個繪圖程序的運作，依據資料來源的不同分為四個部分：一是繪製中央氣象局數值預報的產品，內含各種變數的分析圖和預報圖；二是繪製各模式校驗程式的結果，有平均誤差、標準偏差、異常相關及S1得分等圖；三為繪製候、旬、月及季平均場的計算結果，分別有五天、十天、月和季的平均圖；四是針對自AMDP系統取得其他國家模式的預報資料加以繪圖。由於需要繪製圖檔的氣象變數種類繁多，各模式的輸出也不盡相同，為求保持系統變動的彈性，各模式需要繪圖的種類、圖檔印表機的種類以及傳送下游單位圖檔的種類等均以表格的形式建為控制檔案，做法與預報主控系統中的控制檔案設定方法相近，在變更輸出或傳送的需求時只要更改這些控制檔案即可。另外

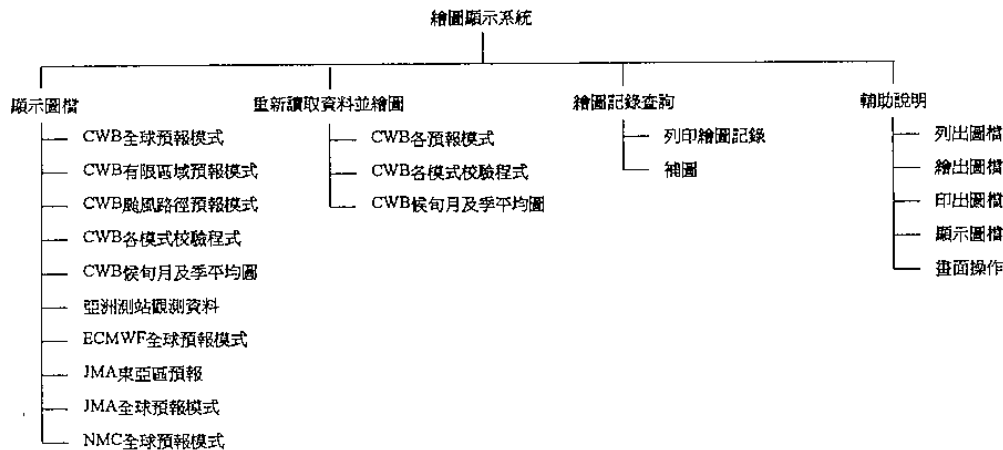


圖 5 繪圖顯示系統的畫面功能

在各個繪圖程式中常有相似的繪圖功能需求，所以通用的繪圖功能均做成模組的形式，可供任一目的的繪圖程式叫用。

繪圖主控程式的運作方式是由CRAY主機在每一個需要出圖的時段，或是當AMDP系統在收集到其他國家模式資料時透過網路啟動繪圖程式執行，此時主控程式根據啟動時傳遞的參數，再參考控制檔案的設定來決定要畫的圖，然後透過GDMS的網路功能讀取模式的資料並畫圖，畫出的各張圖儲存於硬碟中特定的位置並賦予其編號，接著再由參考檔案的內容決定是否要將圖檔印出或傳到下游的其他系統。主控程式同時也具有偵錯的能力，當有如讀取資料錯誤或繪圖失敗等異常狀況發生時會將錯誤訊息的內容顯示到操作員監看的螢幕上，並且發出警告的聲音提醒操作員加以處理。

## (二) 繪圖顯示系統

繪圖顯示系統在設計上兼顧了監控作業與提供研究人員看圖的需要，因此將查詢、補圖、顯示圖檔及印出圖檔的功能合而為一（參見圖5），畫面採圖形使用者介面的設計，十分易於使用。為了讓研究人員能方便地利用顯示功能，繪圖顯示系統的畫面可以由主控系統的查詢監控畫面中呼叫，因此模式研究人員在查詢數值預報作業狀態的同時可以立刻看到模式預報的結果。

在查詢、補圖和印圖的功能上，操作員可以看見繪圖主控系統執行的記錄，其中會顯示每一張圖的繪製狀態，若有繪圖失敗的記錄或在監看螢幕上發現異常的繪圖狀態，操作員可以選擇該筆失敗的記錄並選取補圖的功能即可重新補圖，同時也可以根據模式的種類與預報的時段選擇補圖的範圍，將多張圖一次輸出。

顯示圖檔的功能主要在滿足一般模式研究人員看圖的需求，顯示的內容包括氣象局數值天氣預報過程中產生的所有圖檔以及由其他國家模式計算結果所繪出的圖檔。使用者可以從顯示視窗中選擇所希望看到的模式，此時畫面就會列出所有該模式存在的圖檔名稱及意義說

明，並且分別列出Preview、NCAR idt及印圖三種功能的選擇。Preview顯示軟體為資訊工業策進會氣象專案人員所發展設計，具有疊圖、更換顏色表(color table)、放大和縮小，及製作天氣圖動畫等效果。NCAR idt是由NCAR(National Center for Atmospheric Research)所發展出的圖像顯示工具，它也具有如Preview般放大、縮小及製作動畫的功能。使用時先選擇有興趣的圖檔後，再選取自己所希望使用的顯示工具或選擇印出該圖檔的功能，即可對該圖檔加以處理。

## (三) 印表機監控系統

印表機監控系統的作用是在於控制印表機的正常作業。在每次的預報過程中，繪圖系統會將一部份的圖檔列印至預報中心，以即時提供預報人員最新的書面資料。為爭取時效，印圖的工作是由多台印表機共同負責，確實輸出每張圖檔的印表機則視各印表機忙碌的程度而決定，此系統會自動安排圖檔至可以最迅速出圖的印表機輸出。操作員可以透過印表機監控系統觀察印圖的過程，此系統的畫面是以curses程式製作，畫面上可以看見各印表機的執行狀態，遇有異常狀態時亦可由畫面上提供的功能予以解決。

為確保作業進行順利，繪圖系統也是建構於兩台工作站之上，分別預設為執行主機及備份主機，當執行主機因為異常狀況而無法執行任務時，備份主機會自動偵測並且取而代之成為執行主機，繼續未完的工作。此系統中清除檔案的方式亦是每日定時啟動的方式運作，至於存放圖檔的數量則依據硬碟允許的容量而有限制，由於圖檔需要大量的儲存空間且日後再度使用的可能性偏低，所以目前只在預報主控系統中儲存數值預報的資料，不在繪圖系統中儲存圖檔，若需要過去的圖檔時，則會由原始資料重新繪製。

## 六、網格點資料傳送系統

網格點資料傳送系統的目的是希望在最短的時間內

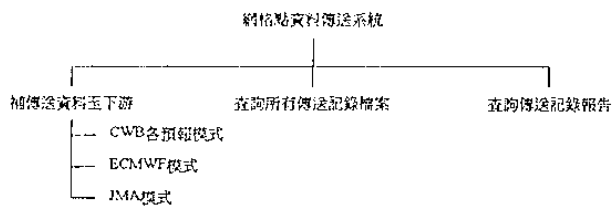


圖 6 網格點資料傳送系統的監控畫面

將預報的結果傳送給下游單位使用，這些單位有的會將資料再度分析處理做為預報的參考，有的則會收集儲存做為日後研究之用。目前傳送的下游單位包括WINS系統，此系統的目的在于即時將來自各國模式預報的結果及觀測資料收集整合，供預報人員在分析天氣時可直接由電腦上疊加各種圖檔做比較；SERVICE系統，由此將資料傳送到各局屬測站及外界媒體；CATDS系統以分析颱風路徑預報的結果；另外還會將資料傳給海象中心、預報中心長期預報課和學校研究單位等，以做為海溫分析、海浪計算、長期預報統計以及氣象研究的參考資料。

此系統的內部分為主控程式與監控系統，分別負責資料傳輸和供操作員監控系統運作。運作的方式與繪圖系統相似，是由CRAY作業主機在每個預報時段產生結果後立即啟動本系統，將資料編碼再傳送給下游單位。由於此系統的設計上是適用於任何網格點資料的傳送，因此傳遞ECMWF和JMA模式預報資料給下游單位的工作亦由此系統執行，其控制的方法同前，在AMDP系統收集到其他國家的預報資料後就啟動本系統進行編碼和傳輸，以下分別說明主控程式和監控系統。

#### (一) 主控程式

本系統的主控程式除了必須具備的編碼及傳送功能外，各種資料的來源與傳送下游單位的選擇也都是以建立控制檔案的方式運作，充分滿足多重上游資料來源與多重下游資料供應的架構，在配合需求的調整時具有高度的彈性。主控程式會根據被啟動時傳遞的參數與控制檔案的內容決定上游資料的來源，再透過網路系統自上游系統讀取資料。為求提供資料格式的統一與易於使用，主控程式會將資料編譯為氣象人員較常用的FGGE網格點資料格式並以此格式將資料傳遞給下游的使用者。由於部份的預報資料在原本的FGGE格式中並未定義，本系統會利用原有格式中表頭部份預留的空間更詳細地註明氣象局所提供資料的種類和內容，然後再將此資料傳遞到下游單位。本系統亦有偵錯的能力，在網路故障或傳遞失敗時，主控程式會如繪圖系統般將警告訊息顯示於操作員的監看螢幕，同時發出警告的聲音提醒操作員加以處理。因為網格點資料傳送系統是以被動的方式由其他系統呼叫，本身並不保存資料，為避免傳送失敗後再次補送時又要重新編碼的程序，主控程式在傳送失敗時會自動將編碼後的檔案保留，在補送成功後才予以清除。

#### (二) 監控系統

監控系統是專為操作員查詢和控制傳遞過程而設計的，同樣採用操作簡易的圖形使用者介面（功能參見圖6），主要可以（一）查詢每天主控程式執行的結果，此結果會將該日所有傳送的下游單位及傳送模式的種類列出，並於各個項目後註明傳輸的狀態；當傳送失敗時亦會標明失敗的原因，以做為補送資料的依據。（二）查詢主控程式的各項記錄，並瞭解傳送到各個下游單位的傳送氣象變數的種類和預報時段，以便在傳送異常時做為追蹤流程的參考。（三）補送自動作業中失敗的資料。當異常狀況確實發生時，首先必須將故障的原因排除，然後操作員利用這一項功能補送資料。在監控系統提供的傳送介面中可以分別選取上游資料的來源、預報的時間以及預報的時段，並且可以選取下游需要傳送的單位，傳送過程的記錄也會顯示於畫面上提供操作員參考，確保再次傳送的順利進行。

網格點資料傳送系統目前與AMDP系統共用相同的兩台工作站，相互之間亦有備份支援的功能，在執行主機異常時備份主機自動會接替其工作。

### 七、結論

中央氣象局歷經十年的努力，累積了第一期數值天氣預報的發展經驗後，如今又完成了第二期數值天氣預報作業的建置，不僅在模式的動力計算和物理方法上有大幅度的改進，在整體作業控制方面也做了更適當的調整。此新的數值天氣預報作業系統歷經半年的平行測試之後，正式上線作業也已有半年的時間，目前的狀況大致都符合作業的要求。

第二代的整體作業控制系統由預報主控、查詢監控、繪圖與資料傳送四部份組合而成，完整地掌握了自資料輸入之後的各項計算和資料處理工作，能做到自動化作業、監控、狀況處理等要求。除了能滿足原本設計時的基本目標外，它並且具有幾點特色：

（一）彈性的作業控制能力。由於各部份主控程式大量地採用主控與執行項目分離的架構，使得主控程式具有更明確的設計邏輯，而執行的項目也更具有變更的彈性。此種將執行項目或選項建立於控制檔案的方法分別可見於預報主控的流程設計、繪圖資料的選取乃至於傳遞資料時上下游單位需求的設定，這種設計顧及到模式或需求改變時調整的方便性，也使得系統的使用與維護更加容易。

（二）即時提供下游單位預報產品。此處所指的下流單位是所有需要數值天氣預報計算結果的使用者而言。因為模式在各預報時段有輸出資料產生時，立刻會執行繪圖的工作並將資料傳遞到各單位，由於所傳送出去的結果都是最新的預報產品，對於有時間限制的預報作業而言是最好的參考資料。至於對模式的發展研究人員而言，模式的輸出結果也是最值得關切的問題，但是過去在系統安全和資源受限的考量下，他們無法立刻看



到模式的結果。新的系統中則克服了此項困難，模式的發展研究人員不但可以立即方便地看見模式產品，更有功能完善的顯示工具可供使用，對於分析研究工作多所助益。

(三) 提供親和力高且操作容易的人機介面。各種操控畫面在功能上考慮了各種記錄及執行狀況的查詢，也提供各種異常狀況時的處理工具，讓操作員更方便達到監看和控制的任務。在畫面上由於多採用圖形使用者介面的設計，使用者很容易就可以熟悉畫面操作的方式；同時因為採用以 X 視窗介面的方式製作，因此可以將畫面直接顯示於網路上的任意一台機器上，增加使用時的便利性。

目前的整體控制系統各項功能雖然已經完成，但是作業中仍發現一些缺點有待改善，如現在的CRAY作業主機的記憶體配置不足，使得CPU的使用率僅達到50%，在同一時間內卻僅能執行一個預報模式，未能充分發揮高速計算的能力。另外在硬碟的使用上也面臨使用空間有限的困難，如自動資料錄存系統是以CRAY硬碟作為轉錄資料的暫存空間，目前設定的暫存空間為1GB容量，由於資料抄寫至硬碟的速度遠快於硬碟轉錄資料至自動資料錄存系統中磁帶的速度，因此當大量資料要錄存至此系統時暫存空間很容易被佔滿，現在針對此種狀況雖有補救的措施，但仍造成作業的不便。未來若能在硬體資源上擴充，則模式預報的時間可以加速，時限內就可以進行更多的計算或更長時間的預報，預報人員也會有更多的資料作為參考，而在硬碟容量增加後硬體與磁帶的使用也會更有彈性。

由於工作項目的增加與各種技術的使用，使數值天氣預報系統的設計日趨複雜，中央氣象局已經開始對第

三期的發展方向予以規劃，期望在改進模式表現的同時，控制系統也有更完備的能力，未來會著重於加強預報流程中各種功能的整合，使各種資料及資源的運用更為便利。

## 致謝

數值天氣預報系統設計是一項複雜而挑戰性高的工作，由於參考資料極為有限，更增加其困難的程度。在此感謝過去為這項工作奉獻心力的所有人員以及中央氣象局資訊中心的同仁，特別謝謝葉天降博士、李尙武博士和程家平先生的多項建議，在他們的協助下本文才能完成。

## 參考文獻

- 葉天降、傅娟娟與朱娟德，1990：中央氣象局數值預測系統候旬月平均場之建立。中央氣象局研究發展專題報告第322號，25pp。
- 葉天降、滕春慈、陳建河、陳得松、譚允中、陳受美、劉長生，1993：中央氣象局第二代數值天氣預報作業發展近況。天氣分析與預報研討會論文彙編，426-439。
- 程家平，1992：WINS整體系統設計。中央氣象局WINS系統發展技術論文選集，327-333。

