

# 自來水設備即時監視控制系統

REAL-TIME SUPERVISING & CONTROL SYSTEM OF WATER TREATMENT

立邦電機技師事務所 張邦男

## 壹. 前言

由於科技的快速發展，使人類感覺到空間變得愈來愈小。在交通不發達的時代，從台北走到高雄須要十來天，現在則僅花費數小時的時間。現代人拿起電話即可與遠隔數千公里外的世界各角落的地方通話。以前覺得很遠的地方，現在變近了，事實上距離並沒有改變，只是人類運用智慧創造各種交通工具，通訊網而節省了大量的時間。

西元1837年摩爾斯（MORSE）發明電報，於1844年在華盛頓與巴爾的摩之間送出了第一通電報，是數位（Digit）電信傳輸的鼻祖。西元1876年貝爾（BELL）發明電話，更使得人類得以遠隔兩地借著電話線互通訊息，也是類比（Analog）電信傳輸的開始。西元1895年義大利人馬可尼（MARCONI）更發明了無線電通訊機。之後由於電子工業突飛猛進，各種高科技的傳輸技術不斷的推陳出新，如調幅、調頻、調相、劃時等各種多工電信傳輸方式及衛星通信、光纖通信等，以致於今日使全球結合成為一個通信網。

## 貳. 電信網

電信網以傳訊對象而言可分為電話網、電報網及數據網，以傳訊媒介分為有線、有線載波及無線載波，以傳訊訊號則分為類比網路與數位網路。電話訊號係由電話機將強弱不同的聲譜轉變為相對之電氣信號，屬於類比訊號，因此傳統的電話網係類比網路。自電話機取得之電氣信號稱為音頻信號，頻率範圍約在300~3,600Hz之間，可以用有線電路方式直接傳輸。音頻傳輸方式由於電路損耗、頻率失真、電路匹配、各種什音及串音等因素影響通話品質，僅能做為近距離之市內電路使用。電話或電報的傳輸受到距離的限制，因此每隔一段距離須要增設幫電器。當通信距離越來越遠後，投資在傳輸設備上的費用顯得太不經濟。於是自1930年代開始工程師們致力於研究載波以及分割頻率等多工的技術。將音頻信號調變為適合於遠距離傳輸之調變波以後再將被調變波解調為音頻信號之載波傳輸方式可使傳輸距離增加到數十公里遠，再加上各種幫電器後可使距離無限地延伸。利用載波技術將多數的被調變波以同一傳訊媒介傳輸使信號多工化之後，可以同時傳輸大量的電話量。多工方式可分為劃頻多工制（Frequency Division Multiplex, FDM）及劃時多工制（Time Division Multiplex, TDM）兩種。類比網路傳輸一路電話需佔用4KHz之頻寬，以同軸電纜之有線載波方式載波頻率可以高達60MHz以上，因此可以使一回路有線載波同時傳輸一萬通路以上的電話量，以無線載波之多工方式也可以達到異曲同工的效果。

高度工業化國家由於電腦工業快速發展與普遍運用，以及隨著近代文明帶來的資訊爆發，使資料處理中心相互間及終端機間須要頻繁的通訊，因此發展數據網供給電腦等數位化的設備使用。數據網係數位網路，本質上屬於再生式電路，傳輸中之訊號不致伴隨訊號而累積，特性遠比類比網路優良，且對於不同速率之數據均能暢通無阻，能夠傳輸所有的電氣訊號如電話、數據、影像等。如電話等類比訊號，每隔一段時間去取得訊號樣本，並加以轉換成為二進位的信號後以串列的方式傳輸之後再予以結合還原成為類比訊號，即是所謂的數位化傳輸。以數位網路傳輸一路電話須佔用 64KHz 的頻寬，為類比網路頻寬 4KHz 的 16 倍，故僅祇做為電話用途而言仍以類比網路較適當。數位網路係劃時多工制傳輸系統，以 64Kbps 每路通訊容量做為基礎，可以整合各種不同速率之終端機，如 300、600、.....、14,400、19,200 bps 等數據。中距離以 64Kbps 數據機傳輸，長距離則以 24 通路之 1,544Kbps 或 30 通路之 2,048Kbps 做為原級基礎，其後每級為前級之 2 ~ 7 倍通路容量，以目前發展的情況視之，數年內將發展到約 600Mbps 的傳輸速度，可以同時傳輸約 8,000 個 64Kbps 通路。近代為了有效運用電信網路，各種增值型網路 (Value Added Network, VAN)，整體服務數位網路 (Integrated Service Digital Network, ISDN) 隨伴而生，使得原來為了電話而建設的類比網路漸漸被數位網路所取代。

目前的電信網係為電話而設計的類比網路無法直接傳輸數位信號，因此須要透過數據機將數位信號變換為類比之音頻信號然後才能在電話網上傳輸。

### 參. 即時系統

即時監視控制系統在工業國家已經發展了數十年的歷史，以今日的科技與過去做一比較，其差別僅在於系統的可靠性以及資料品質與速度的提昇而已。即時監視控制系統即是依賴通訊技術，將兩個以上不同地點的資訊 (包括資料及命令) 以沒有變質、幾乎沒有時間延遲的方式加以互相傳遞。因此，將須要監視或控制之數據，運用即時系統後就如同將數個遠距離的設備搬運到控制中心一樣。

評估生產設備的優劣，最直接的方式就是比較該設備生產產品的品質與數量。以即時系統而言，品質即是受訊側得到的訊息與發訊側是否完全相同，數量則是單位時間內能夠傳遞或處理的訊息量。以現代的電子科技視之，可以在品質與數量之間互換，也就是品質的下降可以造成數量的增加。即時系統首要考量品質的保障後才能要求數量的增加，因生產數量係以每單位時間為單位之計量方式，而數量與品質之間可以互換，因此即時系統可以視為係以速率為變數之設備，以速率為設備優劣之考量。

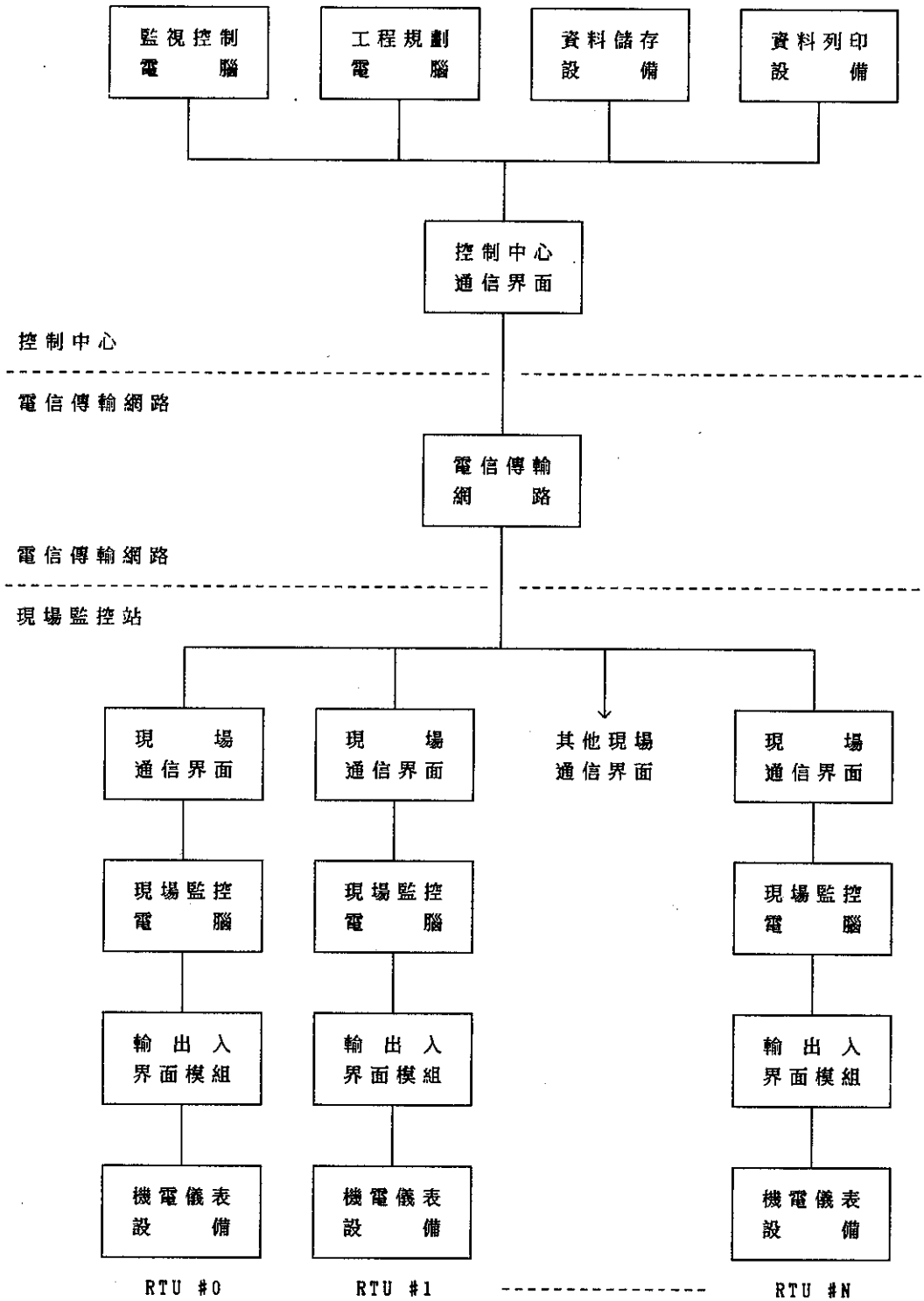
資訊傳遞的品質代表收到的訊息正確與否，如果訊息不能達到可以信賴的程度則系統變成沒有存在的意義。所收到的訊息中除了少部份如量的累計（如水量，藥量）等呈現緩慢的變化以外，大部份的數據均做極快速的變化，尤其是電力設備方面，如電流、開關狀態等幾乎是瞬間的變化。以一般的電動機為例，起動的瞬間起動電流可以大到額定電流的五、六倍後瞬間下降到額定電流，整個過程約在15秒以內，開關狀態則幾乎不到十分之一秒。對於各種不同的保護設備中，除了熱動電驛的動作時間為配合負載的特性有較長的跳脫時間以外，其餘如短路、缺相、過電壓、低電壓、漏電等各種保護均須在數秒內動作。各種須要瞬時動作的保護設備，如不能達到短時限的要求，則很可能造成機器燒毀甚至人員傷亡的後果。即時系統要達到完全沒有時間延遲的現象根本不可能，尤其資料量愈趨龐大時，時間延遲的情況愈嚴重。假設使用2,400bps的數據機，傳輸資料600Byte時，延遲時間至少為 $600 \times 8 \div 2400 = 2$ 秒，當資料長度增加到6,000Byte時，延遲時間便達到20秒。時間的延遲是監視控制系統的致命傷，至於一個即時系統可允許延遲時間為多少並沒有一定的界限，端視監控對象而定。

即時系統能夠將原來必須裝置在現場的一部份設備改為集中裝設在控制中心。以加藥量控制舉例，加藥量係依據水量乘以加藥百分比做為控制指令之比例控制方式，取得水量信號後送到可設定比例值之比例控制器，再由控制器送出控制信號控制變頻器以控制加藥機的轉速達到控制的目的。須要的設備包括（1）流量發信器，（2）比例設定器，（3）變頻器，（4）加藥機等四種。建立即時系統後可將比例設定器移裝到控制中心，也就是將現場的流量信號傳送到控制中心後，送入比例設定器，再將比例設定器的輸出傳送到現場的變頻器以控制加藥機的轉速。比例設定器移到控制中心以後可由控制中心的操作人員視水質情況而調整加藥百分比。比例設定器裝置在現場當然也能夠達到控制的目標，但如果須要調整設定值的話，顯然就必須到現場才能執行調整的工作了。如果控制中心裝設了電腦，則比例設定器的功能可以由電腦來取代。

將可以調整的儀器借即時系統集中裝置在控制中心能夠節省人力以外，間接的能夠節省費用（如藥量的消耗），也因為調整的方便可使供水品質更好。雖然將可調整的儀器由裝置在現場的傳統方式改設在控制中心集中管理有很多優點，但須要考慮故障時的對策，以免一旦系統故障而使設備完全停擺；另外有些須要立即反應的設備，尤其是做為保護方面的儀器，則應裝置在現場以避免因時間延遲而無法達到確實的動作。資料長度加大會造成時間的延遲，因此不重要的資料避免納入即時系統內；同樣的道理，能夠以電腦來取代大部份的儀表功能，但加重電腦的工作量也會造成時間的延遲。

即時系統之各站之間可以採用直接連接，透過電信網路或無線電通信等任意方法構成，因此可以無限延伸；而且不論距離多遠，其延遲時間幾乎不受影響。

肆. 即時系統之架構



即時監視控制系統可概分為 (1)控制中心，(2)電信傳輸網路，(3)現場監控站等三個主要的部份，系統架構如附圖。僅就各部份之功能簡述如下：

一、控制中心部份：

(1) 監視控制電腦：小型系統時，可採用功能完備的個人電腦，即可達到要求功能。

1. 負責收集由現場監控站所傳回之現場設備之運轉狀況，加以轉換、分析並作資料之顯示、警報、儲存、列印等功能。
2. 將收集之資料與預設之各項控制參數經各類函數之演算後，再依操作人員預設之模式，提供給操作人員操作控制之參考數據，或直接由電腦進行自動控制。
3. 執行既定之監視及控制功能，由技術人員視需要於工程規劃電腦修改設計新的參數或功能，再載入此電腦內執行。

(2) 工程規劃電腦：採用和監視控制電腦同等級之設備。

1. 提供可由技術人員規劃系統之功能，修改系統參數，並模擬監視控制電腦之運轉，視需要再載入監視控制電腦內執行。
2. 做為備用電腦，當監視控制電腦發生故障時，可立即接替監視控制電腦執行工作。
3. 技術人員可使用此電腦，將監視控制電腦收集儲存之資料加以分析整理，作為系統規劃、修改之用，以增進操作效率。

(3) 資料儲存設備：

用以儲存各項收集之資料、控制參數、以及工程規劃電腦所規劃之資料、修改之參數及各部電腦執行之軟體程式、數據、資料。常用者有磁碟機、碟帶機、以及光碟機等。磁碟機資料存取速度最快、價格最低，為目前最普遍採用之設備；而光碟機則有資料儲存容量大、保存容易之優點，為未來最適用之設備。

(4) 資料列印設備：

用來列印各類報表，以提供操作人員做靜態資料分析及資料存檔參考之用。常用者有點矩陣式印表機、噴墨式印表機、熱轉印式印表機及雷射印表機，以點矩陣式印表機最常用且普遍化，而以雷射印表機之印表品質最佳。

(5) 控制中心通信界面：

微電腦或可程式控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)，與電信傳輸網路及現場通信界面匹配，做為通信訊號輸出入管理。

## 二. 電信傳輸網路部份：

擔任控制中心與現場監控站間信號的搬運工作。距離在 15 公尺以內時可採用 RS232 界面，短距離時採用二線式 RS422/RS485 界面，長距離則採用電信數據網路或微波通信等方式。對於多場站系統連接時，則採用多工方式較佳。

## 三. 現場監控站部份：

(1) 現場通信界面：與控制中心相同。

(2) 現場監控電腦：

1. 將經由輸入界面模組轉換完成之數位信號，予以整理、分析並加以集中、轉換後，透過通信界面及電信傳輸網路，送回控制中心。

2. 將控制中心送來之控制信號予以整合分配，再送至各類輸出界面模組以控制現場設備。

(3) 輸出入界面模組：

將現場設備之運轉狀況（含類比式信號及數位式信號）轉換為電腦使用之數位信號。並將電腦送來之數位信號轉換為一般機電儀表設備之運轉控制信號，即做為電腦和機電、儀表設備之連結界面之用。

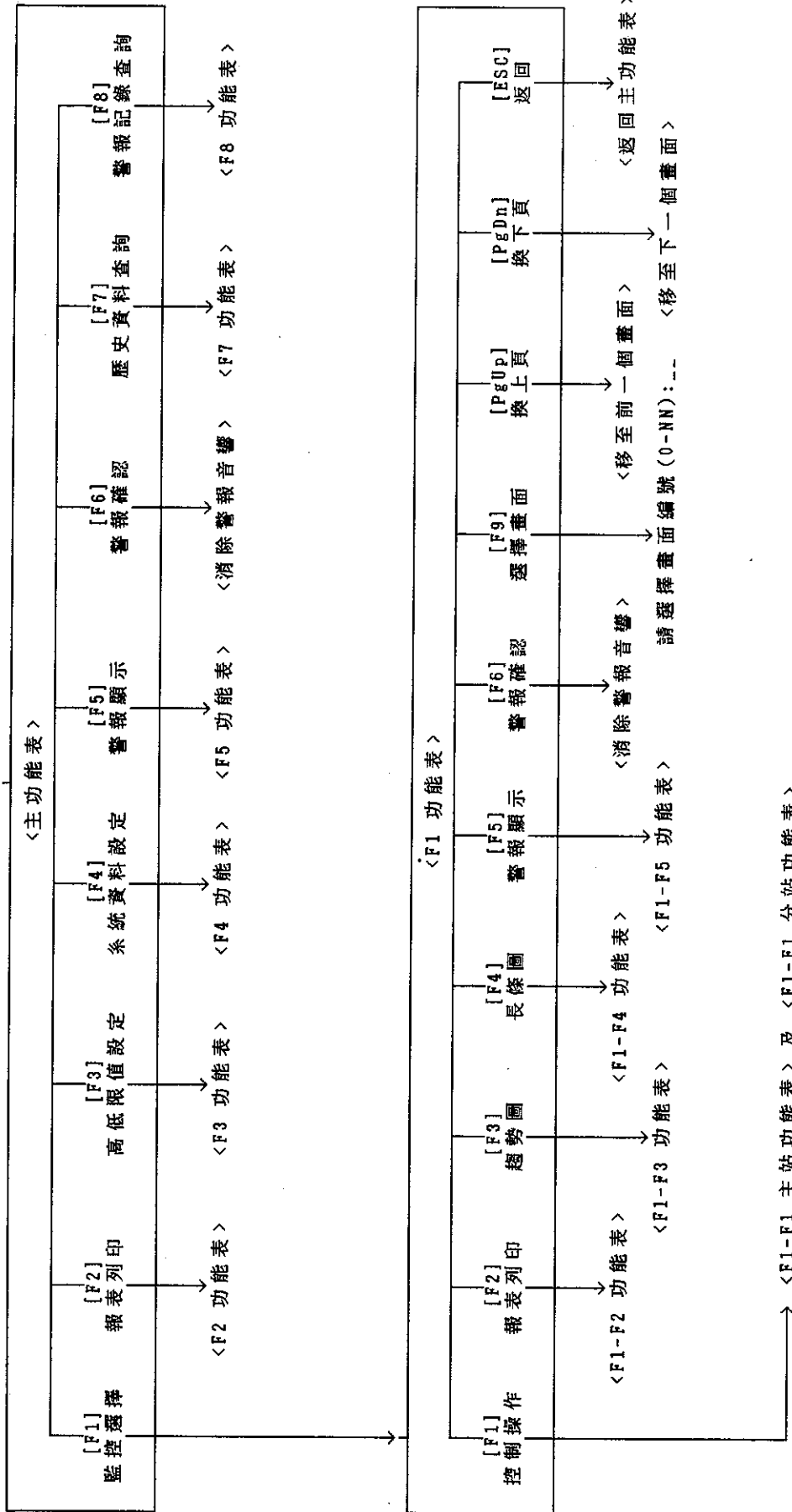
(4) 機電儀表設備：

各種現場執行實際測量及操作運轉功能之終端設備。

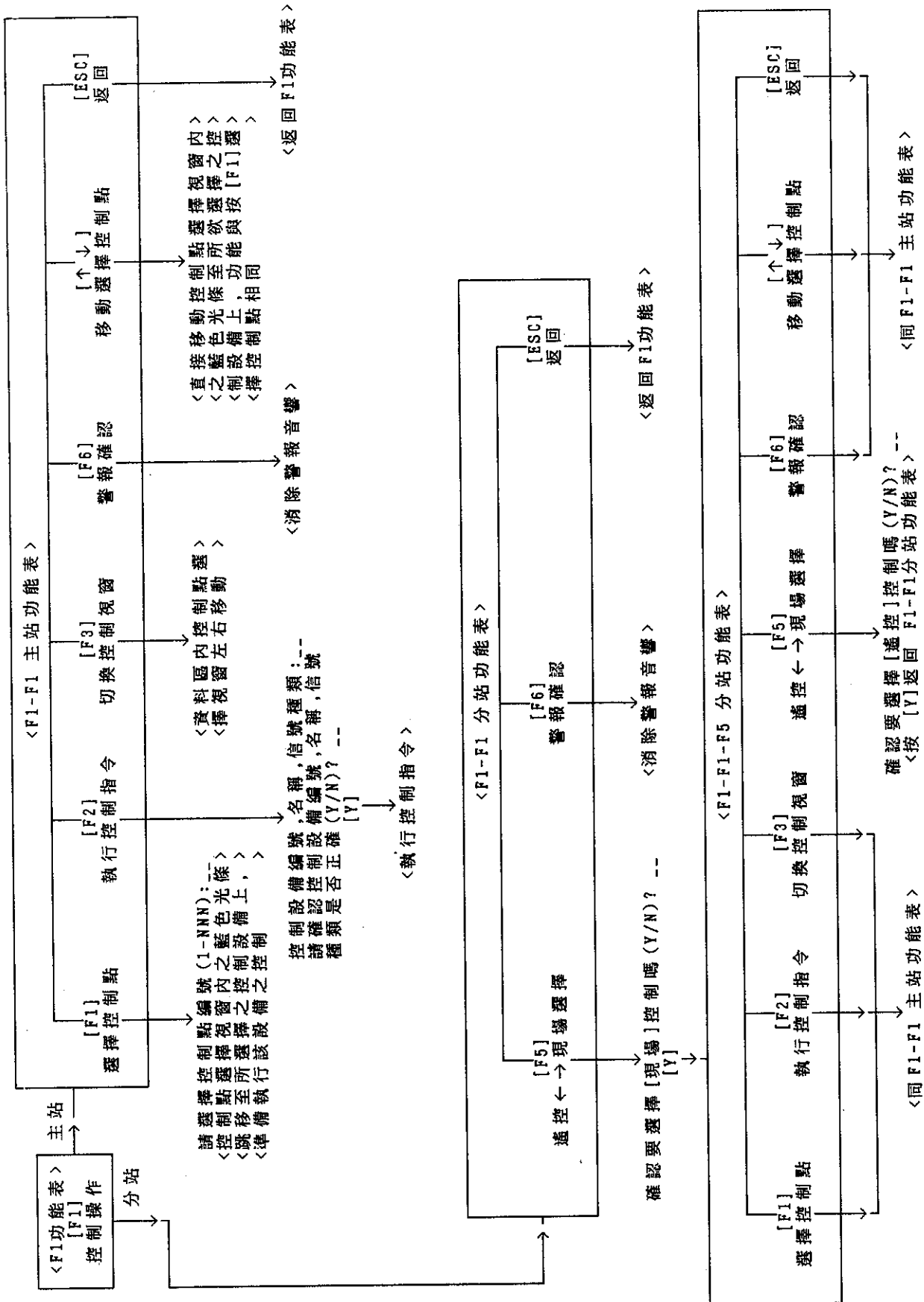
## 伍. 監視及控制功能

電腦設備以中央處理機（Central Processing Unit, CPU）為中心，以顯示器，印表機，鍵盤，及磁碟機等週邊設備做為輸出入界面。顯示器螢幕由 640 x 480 個點構成畫面，同一時間能夠在螢幕上顯示的資料相當有限，因此須要將畫面以頁的方式處理之。通常將畫面分為流程圖、電力系統圖、長條圖、趨勢圖等。長條圖具有類似於儀表之指示計的功能，而趨勢圖則相當於記錄計。顯示器及印表機在電腦設備中均扮演著資料輸出的角色，印表機可印製資料報表及警報報表。資料報表可分為時報表、日報表、月報表及年報表。資料報表及警報報表依據系統不同的需要，可設計成自動列印或儲存在磁碟內由下達指令才列印等兩種不同的方式。鍵盤擔任電腦設備輸入的任務，操作指令均經由鍵盤下達。下達指令的方式應以簡易為目標，使操作人員與機器之間能夠充分的溝通。以下範例介紹運用各種功能鍵之操作方式以達到人機之間最佳的溝通。將功能鍵分為 [F1] 至 [F8] 等八個主要功能，[F1] 監控選擇，[F2] 報表列印，[F3] 高低限值設定，[F4] 系統資料設定，[F5] 警報顯示，[F6] 警報確認，[F7] 歷史資料查詢，及 [F8] 警報記錄查詢。主功能之下再以積木組合方式，包括主功能共計 94 種操作功能，茲以圖表方式說明如下：

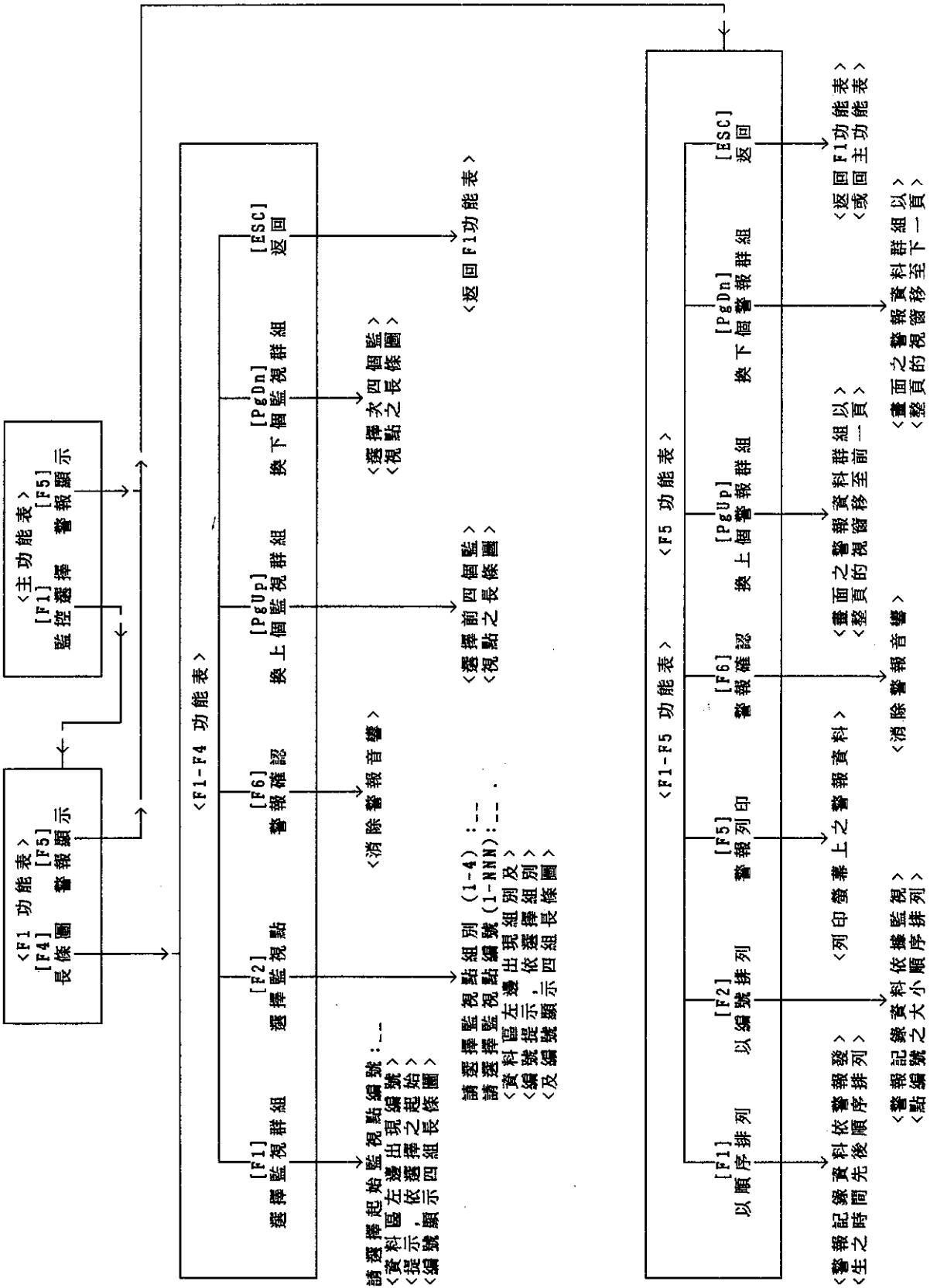
<啓動>



→ <F1-F1 主站功能表> 及 <F1-F1 分站功能表>











## 陸. 彰化區即時監視控制系統介紹

### 一. 經費

項目	工程名稱 \ 設備分類	即時監控設備	儀錶設備	電力設備	金額合計
1	彰化給水場	1,985,221	923,012	2,101,767	5,101,000
2	彰化區配水系統	2,262,607	1,138,870	978,523	4,380,000
3	和美淨水場	437,856	436,946	271,198	1,146,000
4	花壇淨水場	1,254,395	586,461	649,144	2,490,000
	合 計	5,940,079	3,085,289	4,000,632	13,026,000

註 1: 彰化給水場包括場外6口深井, 全與4口深井及淨水場。

註 2: 彰化區配水系統包括龍山抽水站, 第二淨水場及市區10個加壓站。

註 3: 即時監控設備包括電腦主機、螢幕、印表機、通訊設備、軟體及介面設備等。

註 4: 儀錶設備包括流量計、水位計、壓力計、電壓電流發信器、加氣機、電子磅秤等。

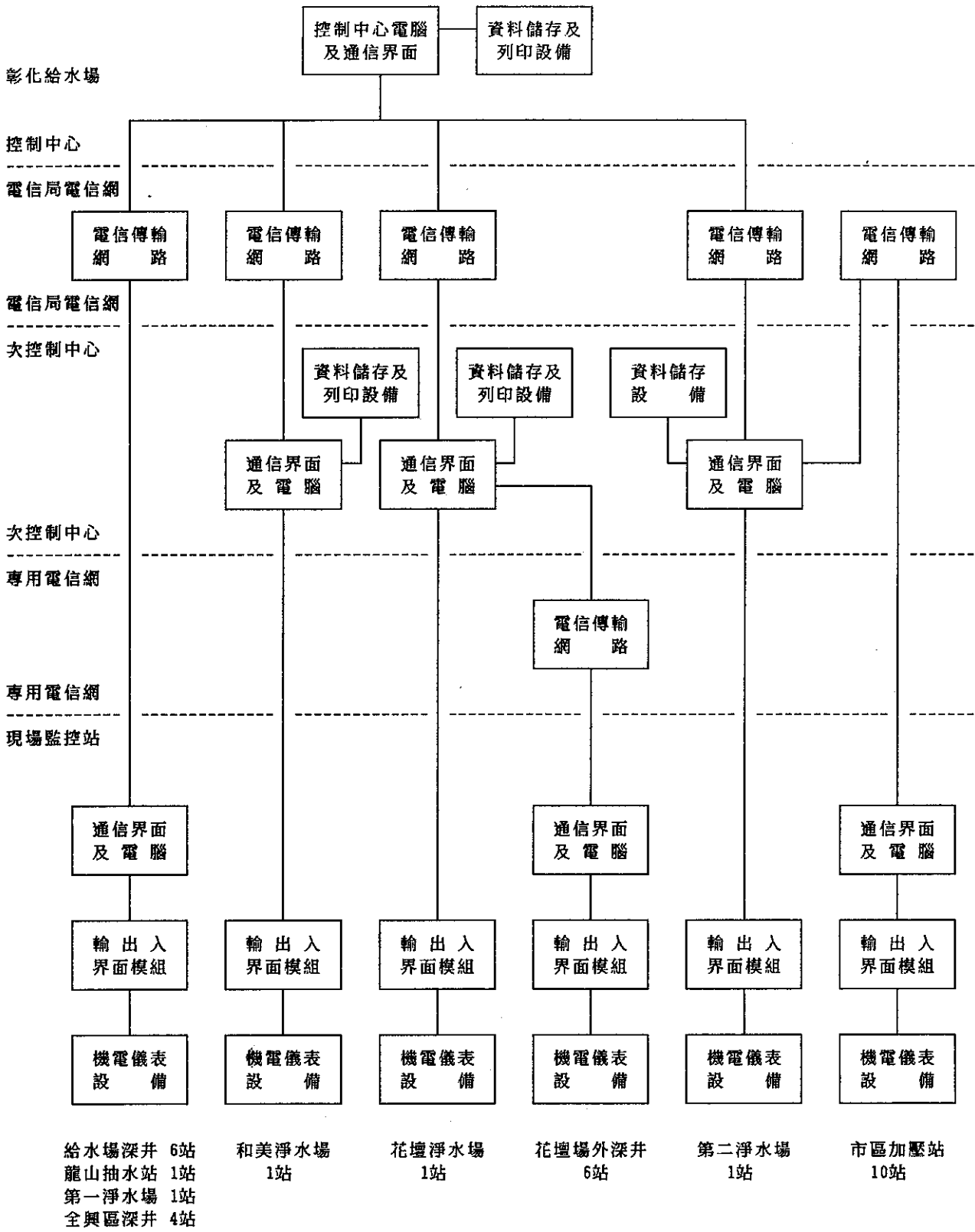
### 二. 施工時間

1. 規劃及設計: 自民國79年 2月底起至同年 6月底止計 4個月。

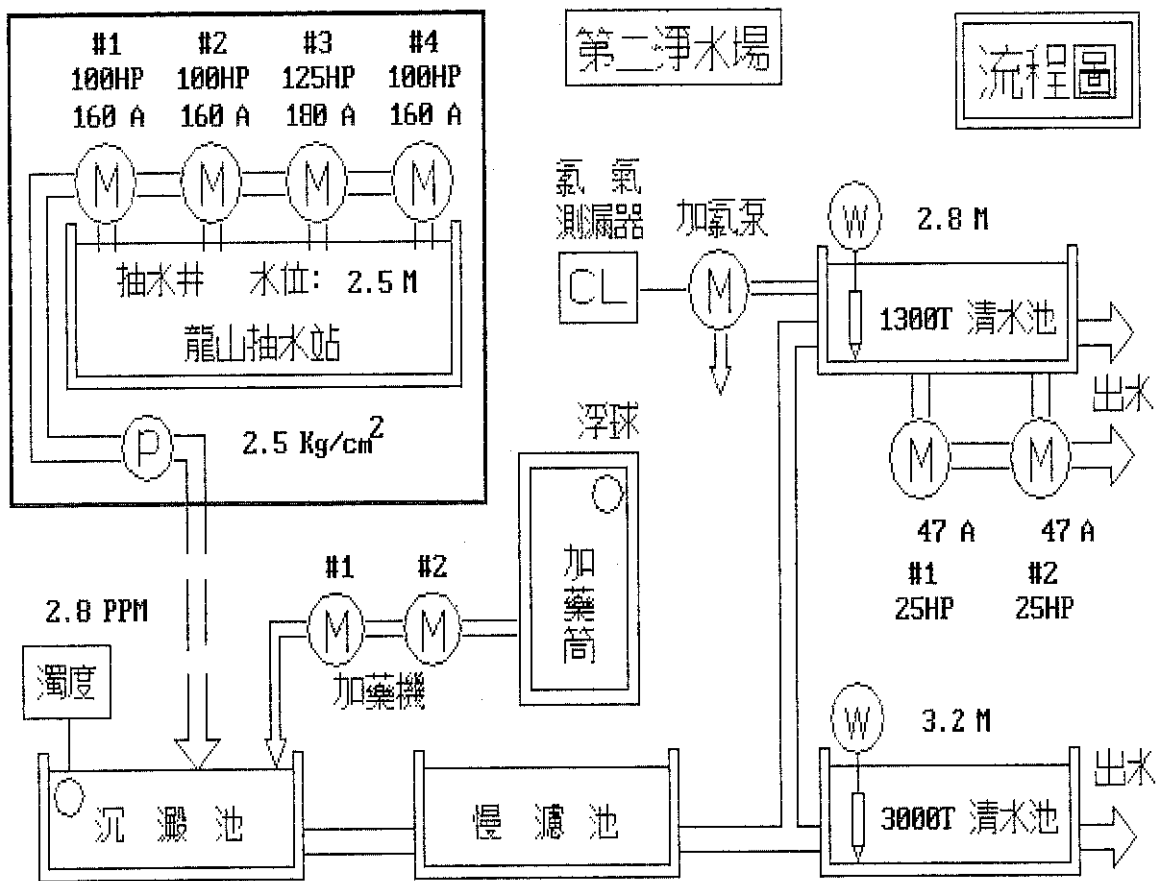
2. 施 工: 自民國79年 7月初起至80年11月底止計 1年 5個月。

### 三. 效果

本系統涵蓋面積約 250 平方公里, 最遠的直線距離約 20 公里, 通訊站共計 32 個不同的處所。彰化給水場為整個操作系統之控制中心, 原來為獨立操作之和美淨水場及花壇淨水場均納入本系統內, 全系統之操作狀況可在控制中心監視, 所有電動抽水機也可在控制中心監視及控制。監控內容如下:



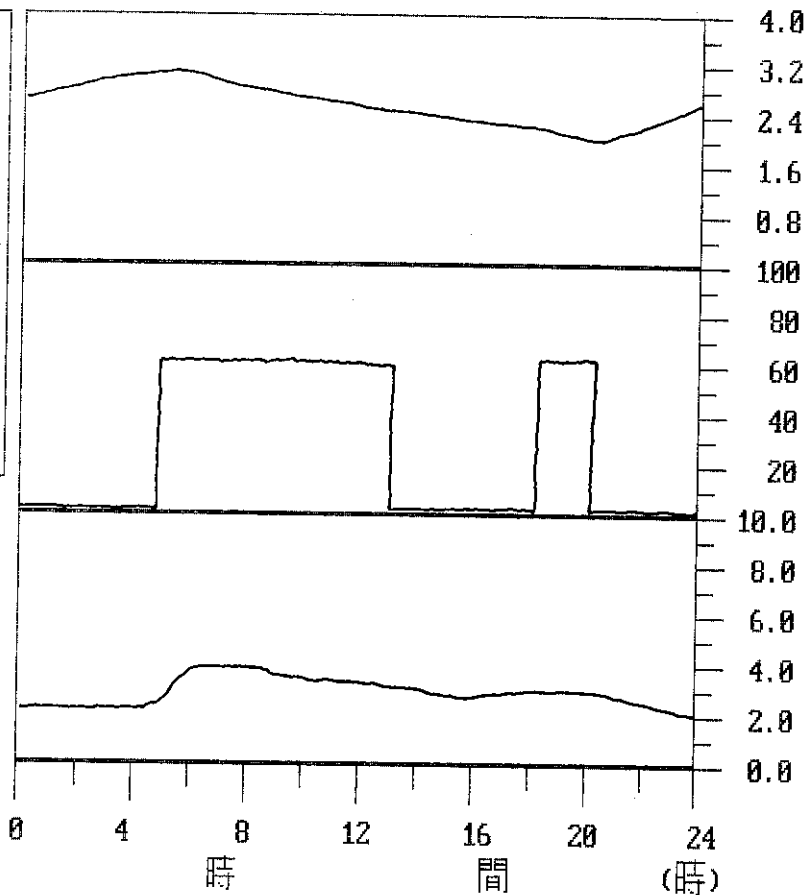
彰化區即時監視控制系統之架構



F1 控制操作    F2 報表列印    F3 趨勢圖    F4 長條圖    F9 選擇畫面  
 F5 警報顯示    F6 警報確認    PgUp 換上頁    PgDn 換下頁    ESC 返回  
 請按功能鍵選擇...

資料登錄日期: 11-26-91

歷史資料趨勢圖



編號: 17

二場-1300T水位計

編號: 19

二場-#1, 25HP電流

編號: 30

龍山站-出水壓力

F1 選擇監視群組    F2 選擇監視點    F3 選擇資料登錄日期

PgUp 換上個監視群組    PgDn 換下個監視群組    F6 警報確認    ESC 返回

請按功能鍵選擇...

場 站 名 稱	處 所	抽 水 機	電 動 閥	類 比 信 號	數 位 信 號	程 序 控 制
1. 彰化給水場場外深井	6	6		12	18	
2. 彰化給水場 (三廠)	1	10		15	49	
3. 第二淨水場 (二廠)	1	3		7	14	
4. 龍山抽水站及一廠	2	17		22	55	
5. 市區加壓站	10	10		21	30	
6. 和美淨水場	1	6		12	22	
7. 花壇淨水場	7	17		30	26	
8. 全興區深井	4	4		9	12	
合 計	32	73	0	128	226	0

除了彰化給水場之主(系統)控制中心以外,以第二淨水場、和美淨水場、花壇淨水場等三處為次控制中心。次控制中心可監視及控制本身涵蓋之所有設備。當次控制中心配置操作人員時,由次控制中心負責設備之監控,但主控制中心對於次控制中心所屬設備之操作情況可完全瞭解。因為採用即時系統,因此主控制中心與次控制中心均同步運作,在螢幕上及儲存在硬式磁碟內的資料完全相同。在次控制中心未配置操作人員時,僅須將控制權交給主控制中心(亦即按 F1-F1-F5-Y),對於次控制中心之一切監控均可在主控制中心執行。當次控制中心要取回控制權時,在次控制中心再按一次 F1-F1-F5-Y,則主控制中心僅能監視而無法控制。本系統完成後大大的改進操作效率,過去由彰化給水場到全興深井去起動一台抽水機,來回的時間至少須要一個半小時以上,現在只要幾秒的時間內即可完成同樣的工作。在過去一個人要到 32 個不同的地點抄錄三百多筆資料恐怕三天都無法完成,而且抄錄的資料並非在同時發生的數據,用來做水力分析時也不具意義。如要取得同步之資料須派 32 個人到各地點約定時間同時抄錄,如此艱困的工作以現在的設備而言,僅須在主控制中心按鍵盤後,即可在幾分鐘內印好報表。

各控制中心均設有 40MByte 硬式磁碟,次控制中心儲存一年的資料,主控制中心儲存半年的資料,如果加大硬式磁碟或以軟式磁碟補助儲存資料,則儲存的期限可無限期延長。儲存的資料包括任何一點的類比及警報信號,而且以每隔 4分鐘平均一次的平均值儲存資料。因此在儲存期限內的歷史資料,如流量、壓力、水位、電壓、電流、加氯、警報資料等任何數據均可查閱、印表、甚至以 0~24Hr 的趨勢圖方式印出圖表。