

# 自來水監控系統控制功能之探討

## Study on The Control Function of Taipei Water SCADA System

朱健行\*

### 摘 要

大台北供水轄區範圍遼闊，配水管網系統複雜，但是有關轄區內水量調配與壓力掌握，則可藉「大台北區自來水監控系統工程」的監視與控制功能來達成；本監控系統具有掌握調度、高精確度、高可靠性、高穩定性、雙重保護、管理資訊、彈性擴充、使用方便等功效；目前監視功能已達完備，則進一步控制架構的強化，將有助於系統的有效發揮。而在實體架構中，大台北區自來水監控系統業已設置電腦控制功能於配水加壓設備中，並經模擬與實作測試中得到驗證，未來只需調整與強化管理架構，並加強設備維護，進而階段性的實施控制操作，必可使得監控系統發揮最大功能。

一般而言，監控系統之控制功能具有：(1)迅速控制配水系統壓力變化。(2)促使配水管網壓力分布平均。(3)供水與配水系統靈活調配。(4)意外事件之預防與及早偵測。(5)增加意外事件時之應變能力。(6)減少操作人員。配水系統內設有甚多之大型加壓站，對此類加壓站是以採用可程式控制器作為控制設備主體，除了負責現場流程監視與控制執行外，另配合各加壓站運轉特性，分別設計不同操作模式，進而直接或間接控制抽水機或閘類運轉；本文擬剖析自來水監控系統之控制功能、操作理念與實務限制，以期監控工程系統功能發揮時，有助於有效調配水壓與水量，以便促使配水管理最佳化之實施。

### 一、前 言

大台北地區主要是採用加壓管理方式供水，以往供水設備的調配管理，均由技術人員憑經驗操作運轉，以致往往無法使水量、水壓達到最佳狀況，致使配水作業無法發揮系統的最大效益，而且大台北自來水供水轄區範圍遼闊，管網複雜，加上自來水事業經營理念，已逐漸轉為強化管理技術，深深體認必須採用新的電腦與電傳資訊科技，以及高效率的經營架構，

\*台北自來水事業處監控中心工程員

才能提高配水品質；於是在台北區自來水第四期建設計劃中，規劃建立「大台北區自來水監控系統工程」，其系統功能具有迅速掌握配水壓力變化，確保壓力均勻分布，靈活調度系統配水，降低漏水率，增加意外事件時之應變能力。

本監控工程，採用 S/3 SCADA 系統，為一自動化電腦遙測遙控系統，是屬分層授權中央集中式之資訊架構，由上而下分為四種等級的監控設備，工程內容包括中央管制中心二處，分區監控站二處，大型加壓站監控工程十二處，監視點九十二處，設施現已完工正試運轉中；監控設備可隨時掌握管網系統之水量、水壓，並透過偵測點確實管理各大型配水池水位及大型加壓站運轉情形，有利於操作人員即時操作，以維持配水系統內水壓均勻，提高供水品質；此外更可將上述資料輸入電腦加以計算分析，建立輸配水系統之操作模式，以達到自動控制運輸之最終目的；本研究擬探討監控系統之控制功能，藉著控制理念、原則與硬體軟體設計功能的闡述，將監控系統之控制架構與限制，與諸位先進共同研討，以期在不斷的改進下，可使本系統發揮預期之功效。

## 二、控制功能剖析

### 2.1 控制特質

一般而言，自來水監控系統之控制機能，必須具有信賴性，可擴充性，穩定保固性等優點，且需備有備分設備；換句話說，監控系統之設備是將設施能安全、確實且高效率的運轉，因此特別要求控制設備之安全性與信賴性，而且運轉管理方式的決定，也大大影響控制之效益。

由於控制設備，必須考慮設備規模、控制項目、加壓站抽水機運轉迴路數、資料數目，以及將來的可能擴張性，設備費，維持管理效益；因此要求降低受故障因素影響，期使損害最小，強調危險分散，機能有效，避免冗長性，以便達到完善的控制功能。

### 2.2 系統要求

自來水監控系統發揮控制功能與避免意外危險之要件有：

1. 硬體與軟體設備配合，管理機能高度化。
2. 考慮控制功能之準確度，安全可靠，有效度，勞力減少化。
3. 可以確實的操作進水閘，出水閘與抽水機。
4. 避免與預防危險意外事件的發生，確保場站操作效率的提昇。
5. 隨時可以機動調配水量與調整水壓。
6. 輸配水幹線水量，維持與調整時，能迅速控制，提高供水效率。

7. 確保維修保固與保養制度。
8. 設備隨時待命，控制命令有效且準確，避免操作錯誤，引起意外危險。
9. 操作人員對供水加壓站，中繼加壓站特性與供水管網系統配水需求全盤的了解，將有助於控制功能的有效實施。

### 2.3 供水系統特性

大台北區自來水供水系統，範圍廣闊，為便於供水調配，減少系統干擾，擬分為八個供水分區，即新店、安康、中和永和、三重、士林北投、內湖、市內東區、市內西區，整個供水系統設計原則是供水分區內由其供水加壓站供水，並利用該分區內之配水池調節供水量，另於部份供水分區內設置中繼加壓站，以提高局部地區之供水壓力。

目前供水系統配水方式主要是採用抽水機加壓供水，依其供水對象性質不同，本處加壓站又可分為以下數種類：

1. 淨水場或水源附設出水加壓站。
2. 直潭淨水場清水輸水幹管沿線加壓站。
3. 配水系統大型中繼加壓站。
4. 配水系統簡易中繼加壓站。

### 2.4 監控系統範圍與架構

#### (1) 中央管制中心

控制中央管制轄區內及兩分區監控站轄區內，各大型加壓站抽水機及進水閘、出水閘等設備之操作。中央管制中心直接管轄之大型加壓站有長興、公館、松山、三重加壓站等。

#### (2) 分區監控站

控制所屬轄區內各大型加壓站的抽水機與閘類等設備之操作。

1. 大同監控站管轄之加壓站有大同、中山、北投、天母等加壓站。
2. 中和監控站管轄有中和加壓站與安康、萬芳等加壓站。

監控系統整體架構如圖 1。

### 2.5 系統目標

簡單的說，監控系統控制功能即是，利用中央管制中心或分區監控站，將所收集之資料，經過電腦分析，計算出需求之數據及操作準則，然後依據加壓站操作模式（Operation Model），進行間接控制或自動控制，達到經由電腦控制抽水機或閘類運轉之功能，其處理示意圖如圖 2。

## 2.6 設計原則

1. 將中央管制中心及兩分區監控站對大型加壓站控制功能，予以分開處理。惟中央管制中心者對各分區監控站內之加壓站，實施遠端間接／直接遙控時，中央管制中心即取得控制功能之執行權。
2. 抽水機及閘類自動控制，將依各加壓站所允許之基本運轉模式操作。
3. 設定模式，供水量及參考點壓力皆自動設定模式，應由相關軟體來達成，故其值均先設定為定值。
4. 直潭淨水場輸水幹管沿線與加壓站運轉配合，現階段暫不列入。
5. 抽水機之加壓站與減壓處理，係依抽水機輪替使用原則，每次選擇抽水機組中運轉時數少者，予以增壓；反之，最多者予以減壓。所謂增壓及減壓，就變速抽水機而言，乃指每次定額增加或減少其轉速；但對定速抽水機而言，則表示關閉或啓動此抽水機。
6. 各大型加壓站之監控程式，採模式化之設計觀念，即先將各加壓站控制分為幾類，找出異同之點，予以模組化，每一個模組可能代表某一種抽水機之控制程序，或某一進水閘之控制程式；所以控制程式之邏輯上皆相同，只是數量不同而已，如此之設計安排可提高設計上之彈性，並易於維護。

## 三、控制系統軟體設計

### 3.1 軟體系統架構

控制功能系統共有六個處理過程

1. 加壓站操作模式及控制模式設定
2. 進水控制閘運轉
3. 出水控制閘運轉
4. 抽水機控制運轉
5. 警報檢查
6. 抽水機連續運轉時數計算

各處理過程與資料庫關係，如圖 3 所示。

### 3.2 加壓站操作模式及控制模式設定

(1)操作模式 ( Operation Model ) 選擇

中央管制中心及分區監控站，對各加壓站提供下列四種方式之操作模式：

1. 人工操作

當加壓站選擇為人工操作模式時，加壓站的運轉控制權，交由現場操作員，經由 MCC 盤或操作盤選擇控制。

## 2. 間接控制

中央管制中心或分區監控站依據收集所得資料，經過電腦分析計算出需求數據及操作準則後，由中央管制中心或分區監控站操作人員研判，作成操作決定，並依操作程序，透過加壓站 PLC 訊息裝置，通知加壓站操作員，執行控制指示。

## 3. 直接控制

中央管制中心或分區監控站在控制台上，設有控制按鈕，提供給操作人員，對抽水機及控制閥進行遙控操作。

## 4. 自動控制

利用中央管制中心或分區監控站電腦分析的結果，由電腦直接作抽水機或控制閥的運轉。

各加壓站依控制畫面，可分別設定不同的操作模式：

SM--SCADA MANUAL

SA--SEMI AUTOMATIC

FA--FULLY AUTOMATIC

操作模式與 FIELD/SCADA SWITCH 關係，就中央管制中心與分區監控站分別如表 1，表 2 所示。

### (2) 控制模式 ( Control Model ) 選擇

對各加壓站的抽水機或控制閥，執行間接控制或半自動控制時，每次只選擇一控制模式，依中央管制中心或分區監控站所收集之資料，進行電腦分析及其他相關控制功能所允許的控制模式，並透過警報檢查，遇有警戒情況時，則發出警報訊息，立即通知中央管制中心或分區監控站操作人員處理。

加壓站系統運轉基本模式，如表 3 所示；各加壓站控制閥或抽水機組，每次只能就其所允許的控制程式，設定做為自動控制依據。

## 四、大型加壓站監控流程

### 4.1 控制流程與控制系統

#### 1. 大型加壓站控制流程

大型加壓站是由多項硬體設備組成，大致可分為進水部份、抽水機本體、出水部分、配水池、傳統控制盤及儀控設備等組成。

## 2. 大型加壓站功能說明

大型加壓站控制系統是由可程式控制器（PLC）、不斷電電源供應器（UPS）、訊息控制裝置、列表機、數據機及現場原有之控制監所組成。

其控制系統中樞主體示意圖如圖 4。

## 3. 順序控制功能

欲達成監視與控制的目的，可程式控制器需配合現場的相關設備，才能進行順序控制的功能，圖 5 是可程式控制器對於大型加壓站之部分監控示意圖。

## 4.2 大型加壓站控制模式

大型加壓站監控設備是以可程式控制器為控制的主體，其功能是負責監視現場的流程與控制，並執行由中央管制中心或分區監控站傳來之命令，因此其控制模式又可為人工或自動操作模式兩種。其控制模式示意圖如圖 6。

### (1) 人工操作模式

當加壓站被選擇為人工操作模式時，加壓站的運轉控制權可由 MCC 盤或操作盤選擇控制，此時可程式控制器不負責現場設備運轉之控制，而由現場操作人員在加壓站現場盤面控制，PLC 則負責監視現場流程的狀態，並將結果向上傳送給中央管制中心或分區監控站，若現場於運轉時，設備改變狀態或警報時，可程式控制器即通過列表機登錄狀態。

### (2) 自動操作模式

加壓站若選擇自動操作模式時，加壓站的運轉控制權，則由中央管制中心或分區監控站控制，此時中央管制中心或分區監控站對加壓站之控制方式，可分為直接、間接與模式三種控制功能，如下所述：

#### 1. 間接控制

中央或分區監控站依收集所得資料，經監控站操作人員研判，作成操作決定並依操作程序，透過加壓站 PLC 訊息裝置，通知加壓站操作員，執行控制指示。

#### 2. 直接控制

中央或分區監控站在彩色終端機可定義控制鍵，由操作人員控制，其執行命令是經由通信傳輸給可程式控制器，並利用可程式軟體功能的執行，對抽水機及控制閥進行遙控操作。

#### 3. 模式控制

此功能是透過中央或分區監控站電腦分析的結果，由電腦直接操作抽水機或閥類之運轉。

### 4.3 加壓站控制畫面

加壓站接受控制的項目是包括：

1. 抽水機開關
2. 變速抽水機轉速
3. 閘類開關
4. 閘位開度

當可程式控制器因線路或機器故障，無法接受命令時，得由分區監控站以電話傳達命令，由人工在儀表盤上操作。

電腦終端機畫面上，可顯示出加壓站控制流程圖，如圖 7。其用途為監視加壓站運作情形，包括進水流量，累計進水流量，進水壓力配水池水位，抽水機 ON/OFF 控制閘開度或 OPEN/CLOSE 的狀態及出水流量，出水累計流量，出水壓力等，並可作為控制加壓站運作之用。

各加壓站抽水機狀態圖，如圖 8；抽水機是為加壓站之中樞機構，此圖可顯示加壓站中個別編號之抽水機，即時狀態及相關聯之資料計有：狀態（OK/ERR），狀態（ON/OFF），啟動開關，累積運轉時數，累積運轉時數百分比，停止時間，最近故障時間；上述資料可作為控制輪替使用與維修保養上之參考。

### 4.4 加壓站運轉基本模式

依據操作設備與運轉控制依據不同，設有不同模式，如表 3：

1. 進水控制閘運轉有 A01，A02，A03，A04。
2. 出水控制閘運轉有 B01，B02。
3. 抽水機運轉有 C01，C02，C03，C04，C05，C06。

各別依據運轉控制基準，執行控制程序；其中有關進水閘運轉 A02 模式（依據加壓站配水池水位）最常用到，因此常配在 A03，A04 模式中使用。一般而言，出水控制閘運轉較少使用到。抽水機運轉以 C04 模式最常用到；限於篇幅本研究介紹 A02 運轉控制示意圖，如圖 9；以及 C04 運轉控制模式示意圖，如圖 10，經過示意圖的展示，可顯示電腦控制順序，亦是依據有經驗操作人員的管理理念來執行，可謂符合實際管理需求。

## 五、控制系統功效的檢討

1. 加壓站主要功能為調節供水壓力，彌補管線末端及偏遠地區壓力之不足，目前本處加壓站由供水科加壓管理小組管理，將供水轄區分成四部分由四位工程員負責，除了大

同、中和、安康、三重、松山、公館、北投、天母加壓站有四班三輪制之值班人員外，部分小型加壓站採招標代管。

2. 加壓站目前管理方式，是當水壓需增減量時，應向加壓管理小組組長或供水科科長報告；監控系統應如何配合接管，必須在管理體制上改善，然而監控系統也有內在的隱憂。①可能無法確認資訊是否正確。②基於時效的問題，發生緊急狀況如何處理（恐怕無人員在現場，急迫時可能造成危險，而且配水池有可能溢水）。③無預警的停電④配電設備意外故障，必須研商相關之管理技術問題。
3. 操作人員遇緊急時，配水池水位應儘量控制在限定的安全範圍，透過監控中心之通知可作緊急應變；而監控中心的最大顧慮是緊急時應派人員處理，因此加壓站內能有緊急電源，停電時仍可提供訊息極為重要；目前加壓站緊急增減一台抽水機，要透過上面授意，輪班技術士無自主權，監控系統若作完全自動控制，監視人員可以對突發狀況作迅速處理；為避免萬一，則當水量供給正常時，監控系統自動模式運轉較可行，而當颱風時與出水量不穩定（枯旱、洪災）時，則以半自動或人工程式操作，且出水壓可以機動調整較佳。
4. 先進國家有自來水事業體，在實行管理自動化，技術高級化之下，無法很明顯的看出人員的減少，其用人數目與用人費用減少的幅度，並不如想像中的相對減少，可見自動化並非以節省人力為目的，而是使管理與調度能靈活化、確實化為目標。
5. 監控中心、加壓管理小組、與配水股調配小組，在機能上必需配合，在架構上應予以重組，必能發揮監視、控制與調配之功能，達到最大效益與效率。
6. 由於人事費用逐年提高，為了發揮現代電子電腦科技的效率，應研究如何建立完善的輪值制度，以便輔助自動化的操作加壓站，方能達到用人精簡，且人事費用節省。
7. 電腦自動化設備之保養工作制度化；由於電腦自動控制設備將被普及，因此其設備的正常與正確，將影響自動控制的方式與結果，所以設施的養護工作甚為重要；必須建立一套完善之保養保固制度，規定由裝置廠或製造廠作相當時間的保固工作，並在保固期間內作保養技術之轉移；且對於所有電腦設備之保養工作，應發包定期維護保養，以保證設備的正常運作。

## 六、結論

由於水資源有限，以及自來水事業單位為強化供水服務品質，經營理念上逐漸加強管理技術的提昇，引用了電腦資訊科技與原有配水設備結合，充分發揮配水設施的功能，「大台

北區自來水監控系統工程」，就是此種理念下的產物，建立了管網系統的監視監控設備所有軟體與硬體，並確立整個大台北地區供水管網最佳監控設備，使得系統具有調配水量、水壓集中管理、彈性可靠、減低供水不良等優點。

本監控系統之控制功能，主要是利用中央管制中心或分區監控站，將所收集之資料，經過電腦分析，計算出需求之數據及操作準則，達到經電腦控制抽水機或閘類運轉之功能。監控系統之控制架構，只需設備配合，保養維護正常，電腦硬體配合，即可發揮功能，惟控制的自主權與主控權，須經管理與決策單位重新研擬，才能有效運作；本供水區域廣闊，系統複雜，有如此良好的監控系統，若能規劃良好的管理制度，必能發揮控制的效益，尚祈自來水界先進，給予大力的指正，以期系統完善與發揮功效，達到設立之標的。

## 參考文獻

1. 中興顧問公司，台北區自來水電子資訊處理系統規劃報告，75年7月。
2. 中興工程顧問社，台北自來水事業處台北區自來水第五期建設給水工程計劃規劃報告，79年4月。
3. 康晉宇宙科技公司，大台北區自來水監控系統初步使用手冊。
4. 朱健行，台北區自來水配水設施監控管理系統規劃，土木水利，第18卷第1期，民國80年5月。
5. AWWA，Computer-Based Automation in Water Systems, 1980。
6. 朱健行，自來水配水管理監控系統建立之探討，80年電子計算機於土木水利應用論文研討會，民國80年10月。
7. 康晉宇宙科技公司，大台北區自來水監控系統設計文件。
8. 康晉宇宙科技公司，大台北區自來水監控系統應用軟體設計文件。
9. 羅國杰，工廠電腦監視控系統，全華科技圖書公司。

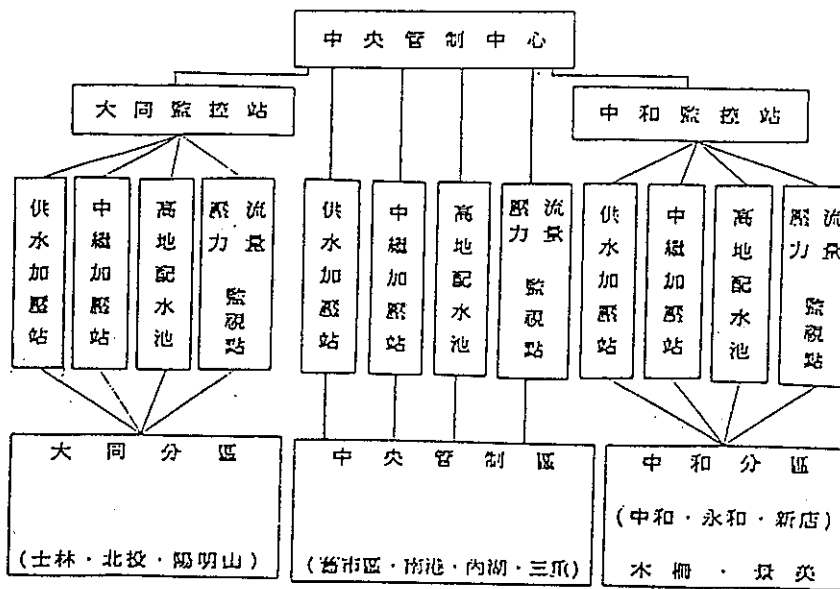
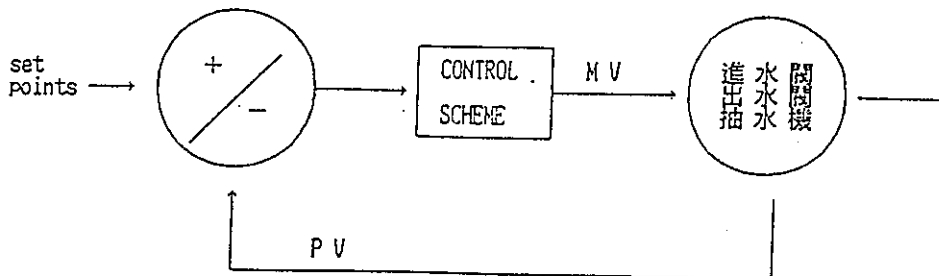


圖 1 自來水監控系統架構圖



M V : manipulation value

P V : process value

圖 2 控制功能處理示意圖

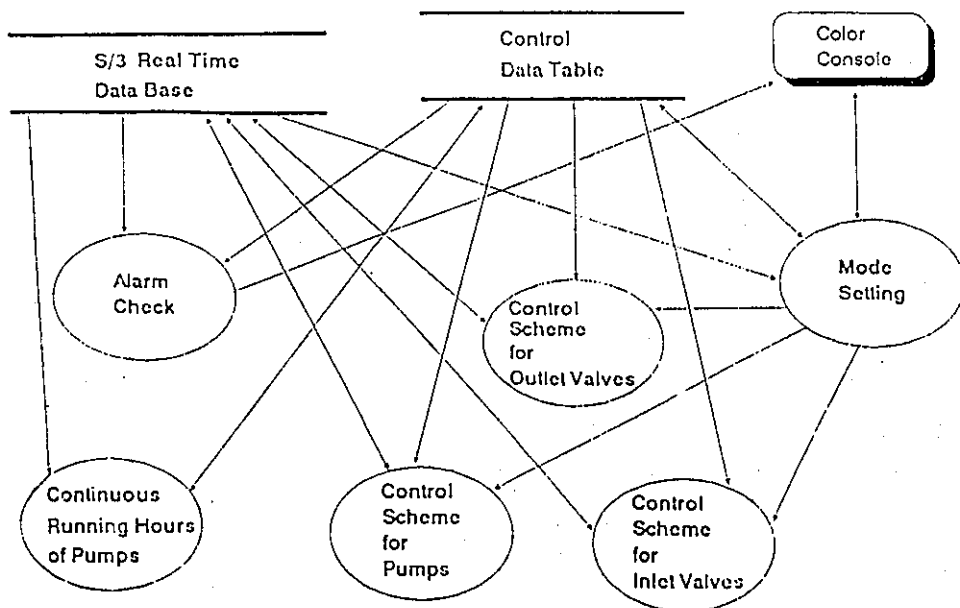


圖 3 各處理過程與資料庫關係

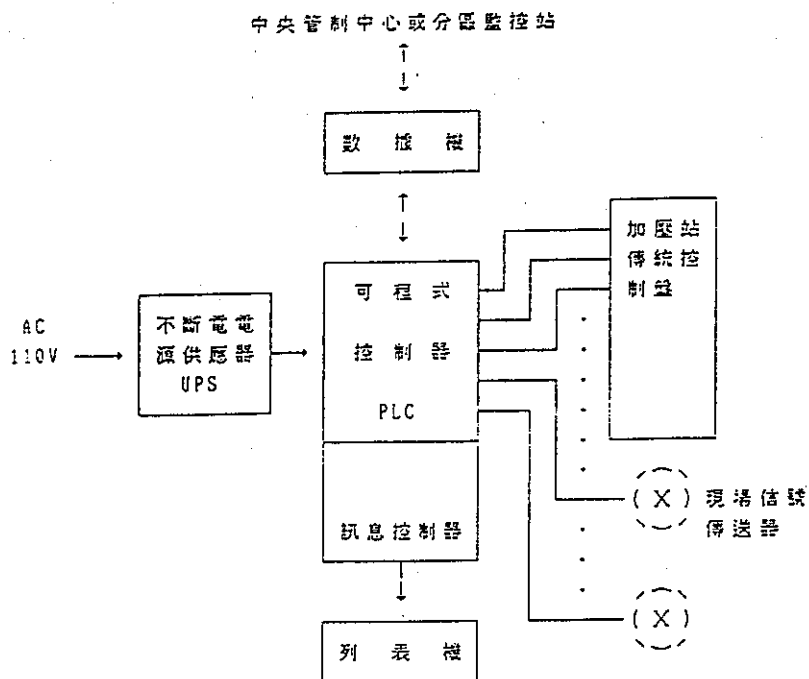


圖 4 控制系統中樞 PLC 機能示意圖

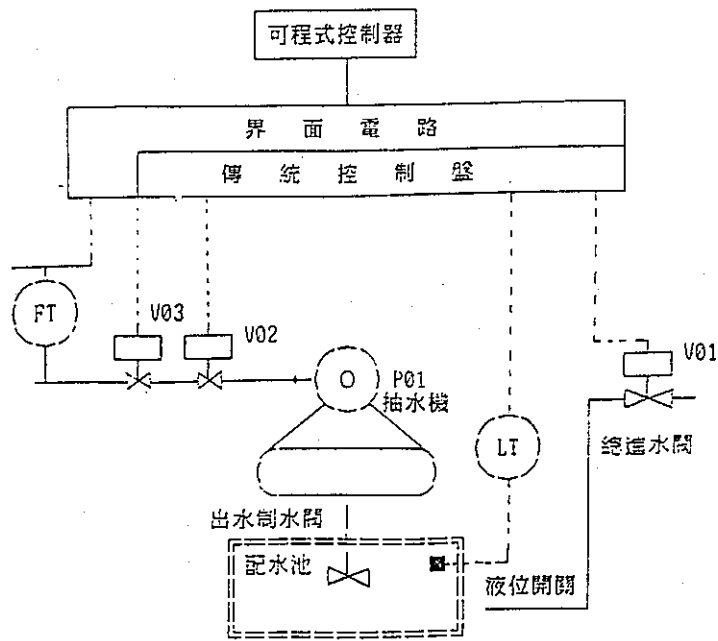
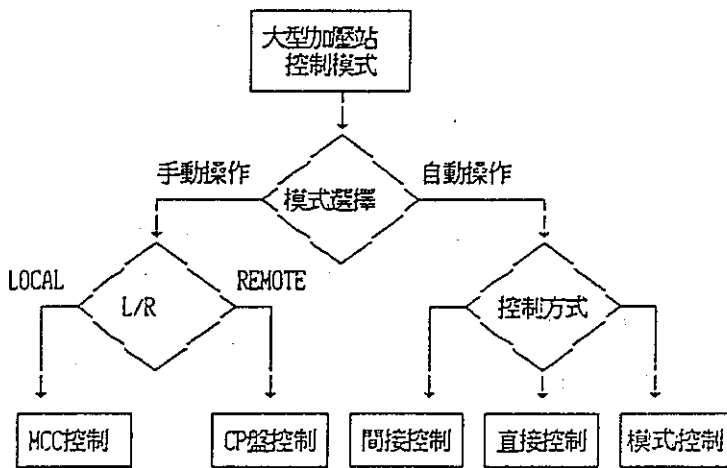


圖 5 PLC對大型加壓站監控示意圖



MCC:馬達控制中心

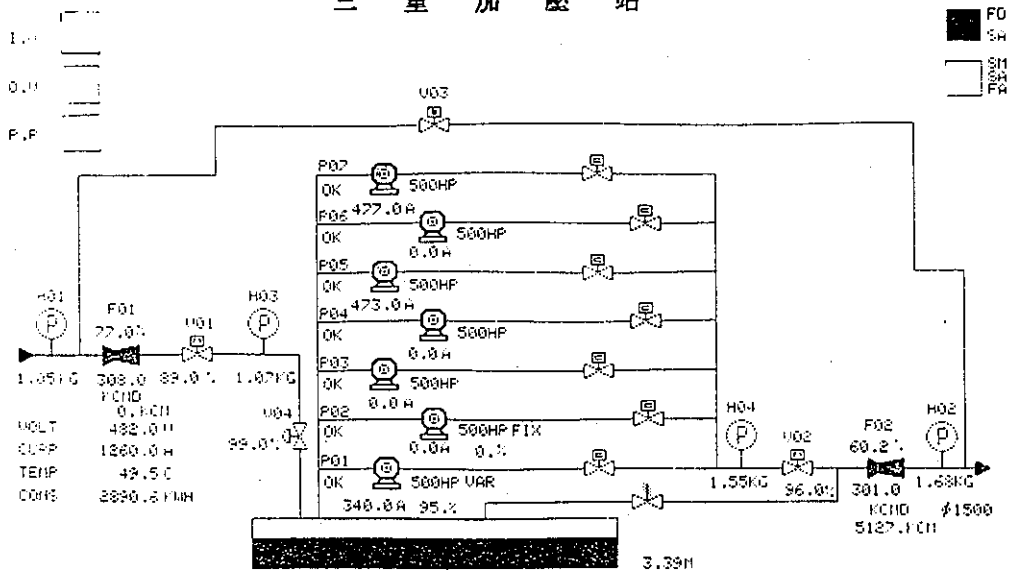
CP :控制盤

圖 6 大型加壓站控制模式示意圖

CON NODE

### 三重加壓站

OP NODE



>> GRAPHIC 248

C5 02-APR-94 17:28:49

>>

SUPERVISOR

>> 02-APR-1994 08:41:38.70 I HI	32	PI_242000	4.00473 KG	OUTLET MAIN H01PRESSURE0300	PUMP STAS	RTU242	S
						TO STD OPY	
						RETURN	

圖 7 加壓站控制流程圖  
中和加壓站

PUMP NO.	RUN STAS (ON/OFF)	RUN SPD (R.P.M.)	START TIME (MMDD.HHMM)	RUN TIME (HR)	ACC.POWER (KWH)	RTBF (Khr)	RUN EFF. (%)	ACC.ERROR	REC.LR.TIME (YY.MMDD)
MS_40101	ON OK	79.0	422.1210	166.5	16243.0		1.1	0.0	0.0000
MS_40102	ON OK	0.0	423.1117	143.5	10794.0		1.0	0.0	0.0000
MS_40103	OFF OK		423.1243	65.5	74676.0		0.4	0.0	0.0000
MS_40104	ON OK		424.0756	149.0	51103.0		1.0	0.0	0.0000
MS_40105	OFF OK		423.1559	47.5	22494.0		0.3	0.0	0.0000
MS_40106	ON OK	80.0	422.1210	166.5	34374.0		1.1	0.0	0.0000
MS_40107	OFF OK	80.0	421.1117	65.5	41874.0		0.4	0.0	0.0000
MS_40108	ON OK		424.0756	149.0	39420.0		1.0	0.0	0.0000
MS_40109	OFF OK		421.1117	47.5	78234.0		0.3	0.0	0.0000
MS_40110	ON OK		423.1117	143.5	1792.0		1.0	0.0	0.0000

>> GRAPHIC 185

C2 23-APR-93 13:12:00

>>

SUPERVISOR

>> 29-APR-1993 09:04:21.81 I ACK	0	LI_30100H	9.20 M	RES	ERUIOR L01	LEVEL	TPFD14A	C

圖 8 加壓站抽水機狀態圖

A02 運轉控制模式 — 依據加壓站內配水池水位運轉  
 控制方式如下：

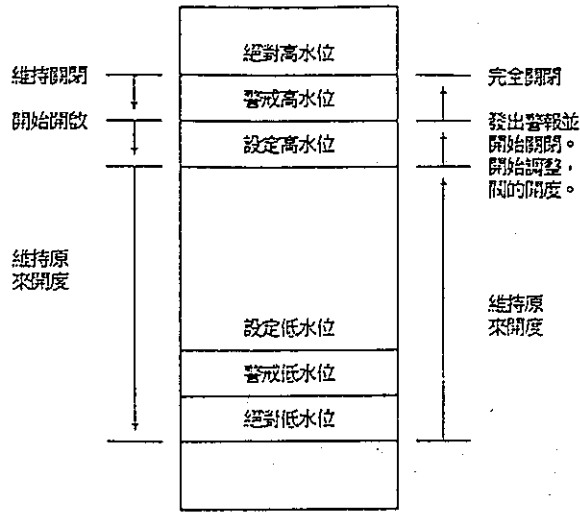


圖 9 A02運轉控制模式示意圖

C04 運轉控制模式 — 依據加壓站出水壓力運轉

將加壓站抽水機與出水控制閥間的出水壓力與設定值作比較。

控制方式如下：

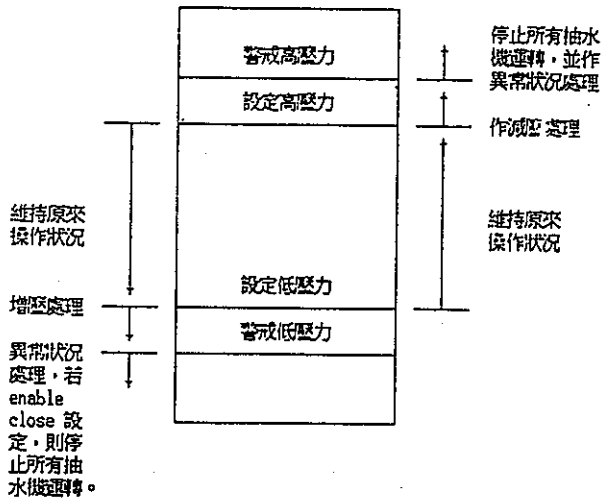


圖 10 C04運轉控制模式示意圖

表 1 中央管制中心控制功能

操作模式	FIELD/SCADA SWITCH	
	FIELD	SCADA
SM	間接手動控制	直接控制
SA	間接控制	半自動控制
FA	電腦間接控制	自動控制

表 2 分區監控站控制功能

遠方監 控模式	操作模式	FIELD/SCADA SWITCH	
		FIELD	SCADA
分區 監視	SM	間接手動控制	直接控制
	SA	間接控制	半自動控制
	FA	電腦間接控制	自動控制
中央 監控	SM SA FA	遠端間接遙控	遠端直接遙控

表 3 基本模式一覽表

操作設備	模式編號	邏輯控制依據
進水 控制 閘 運轉	A01	中央管制中心或分區監控站指示
	A02	加壓站內記水池水位
	A03	進水管流量
	A04	進水管壓力
出制轉 水閘 控運	B01	中央管制中心或分區監控站指示
	B02	供水流量
抽 水 機 運 轉	C01	中央管制中心或分區監控站指示
	C02	預測時供水量
	C03	遠方參考點壓力
	C04	加壓站出水壓力
	C05	加壓站內記水池水位
	C06	遠方記水池水位