

東海大學資訊工程學系  
碩 士 論 文

指導教授：劉榮春 博士

超音波 RO 膜清洗器上 PLC 程式之應用

The Application of PLC Program on  
Ultrasonic RO Film Cleaner

研究生：熊一鳴

民國 102 年 6 月

東海大學碩士學位論文考試審定書

東海大學資訊工程學系 研究所

研究生 熊 一 鳴 所提之論文

超音波 RO 膜清洗器上 PLC 程式之應用

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

學位考試委員會  
召集人

張傳狀

簽章

委員

陳鈞楓

洪治隆

指導教授

劉榮春

簽章

中華民國 102 年 6 月 27 日

## 摘要

一般家用濾水器及業界所使用的水處理大多採用 RO 逆滲透，RO 膜乃是工業界及科技業界所需要用到純水設備之濾心，而 RO 膜會因為水源的品質造成阻塞現象影響出水量，通常出現阻塞現象就會進行 RO 膜的更換或做清洗等動作，因此，RO 膜所需要清洗的次數非常的頻繁，需耗費人力及時間來做清洗的動作，而本次研究是在 RO 膜清洗器上加入 PLC 程式設計，清洗過程搭配超音波震盪來輔助酸鹼藥劑的清洗，能加速溶解分離雜質和污垢的功用，大大提升洗淨效果，增加 RO 膜之壽命，減少替換 RO 膜次數，由測試結果得知，阻塞情況越輕，所達到之清洗效果越佳，隨著阻塞情況增加，洗淨效果則逐漸下降，為了達到較佳之清洗效果，而增加了清洗頻率，因此 RO 膜酸清洗系統上加入 PLC 程式來控制的必要性將大大的提升，一般民眾及業者使用率也隨之上升，能減少替換 RO 膜所造成之成本耗損。

就此研究測試的結果來說，實驗中所測試的結果都顯示用酸鹼溶液比較能清除一些污垢及雜質，但是畢竟各種溶液的更換清洗如果在未使用 PLC 程式控制下手動下去執行，皆會有水量、藥量與時間上的誤差，所以清洗雖有成效但並不顯著，在系統上加入 PLC 控制去除不穩定因素後，清洗的成果就更加明顯。

## Abstract

Reverse osmosis technology is often used at home and the industry for water filtration in general. The RO film is the water filtration equipment both needed in the technology and manufacturing industry, but the RO film needs to be changed or washed when the blockade phenomenon appears and the amount of filtered water is greatly reduced. Therefore, RO films need to be cleansed very frequently, resulting in lots of manpower and time costs. This study is about adding PLC programming into the RO film cleaner, along with the ultrasonic vibration to assist acid cleaning agents during the cleaning process. It can accelerate the dissolution and separation of impurities and dirt. Moreover, it can not only enhance the cleaning effect but also increase the lifetime of the RO film. Based on the test results, when the blockage situation reduces, the cleaning effect of the RO films is better; On the contrary, the cleaning effect is worse and the cleaning frequency needs to be increased in order to achieve better cleaning effect. So it is necessary to add the PLC program into the RO film acid cleaning system; therefore, the utilization of RO films in the general public and business will be also enhanced since the cost of replacing RO films is greatly reduced.

In this research, the test results have shown that the acid-base solution is more capable of removing dirt and impurities. But after all, when preparing the acid-base solution during the cleaning process, it is very hard to avoid errors of the amount of water, dosage, and time, if it is not controlled by a PLC program; thus, the cleaning result will not be remarkable although it has some effect. After adding the PLC control method into the system to remove the uncertainty factors, the cleaning result is found to be significantly improved.

# 目錄

第一章	緒論.....	1
1.1	研究背景與動機.....	1
1.2	研究目的.....	2
1.3	研究架構.....	2
第二章	各系統理論基礎.....	4
2.1	可程式控制器 (PLC) .....	4
2.2.1	CPU 的構成.....	7
2.2.2	I/O 模組.....	7
2.2.3	電源模組.....	7
2.2.4	PLC 系統的其它設備.....	8
2.2.5	PLC 的網際網路.....	8
2.2	超音波 .....	8
2.2.1	應用範圍：.....	8
2.2.2	清洗原理：.....	9
2.2.3	超音波和其它方法的清洗比較：.....	11
2.3	濾水設備 .....	12
2.3.1	濾水器原理：.....	12
2.3.2	RO 過濾原理：.....	13
2.3.3	過濾能力：.....	13
2.4	液位控制 .....	13
2.4.1	原理：.....	14
2.4.2	控制器的類型：.....	14
第三章	系統架構與動作流程.....	17
第四章	測試結果.....	20
4.1	傳統電路與可程式控制器的優缺比較.....	20
4.2	PLC 上未來的發展趨勢.....	20
4.3	超音波上未來的發展趨勢.....	21
4.4	RO 膜清洗測試結果.....	21
第五章	總結.....	24
附錄	.....	25
附錄 1.	軟體程式 .....	25
附錄 2.	PLC 步進圖 .....	26
附錄 3.	PLC 階梯圖 .....	31
附錄 4.	PLC 程式碼 .....	34
附錄 5.	PLC 指令 .....	42

## 圖目錄

圖 1-1 自動超音波 RO 膜清洗器示意圖.....	3
圖 2-1 PLC 內部架構圖.....	6
圖 2-2 超音波原理圖.....	10
圖 2-3 超音波氣泡崩裂情況.....	11
圖 2-4 超音波和其他方法清洗效果比較圖.....	12
圖 2-5 導電式 (conduction type).....	14
圖 2-6 液位式(conduction type).....	15
圖 2-7 電容式感應棒 (Capacitance type).....	16
圖 2-8 浮筒式液位控制 (float type).....	16
圖 3-1 自動超音波 RO 膜清洗器示意圖 .....	17
圖 3-2 士林電機 SHIHLIN ELECTRIC PLC 程控設備.....	18
圖 3-3 系統實體圖.....	18
圖 3-4 系統之動作流程圖.....	19
圖 4-1 RO 膜清洗測試數據比較圖.....	23
附錄 2 圖 1 PLC 步進圖.....	26
附錄 2 圖 2 PLC 步進圖.....	27
附錄 2 圖 3 PLC 步進圖.....	28
附錄 2 圖 4 PLC 步進圖.....	29
附錄 2 圖 5 PLC 步進圖.....	30
附錄 3 圖 1 PLC 階梯圖.....	31
附錄 3 圖 2 PLC 階梯圖.....	32
附錄 3 圖 3 PLC 階梯圖.....	33

## 表目錄

表 4-1 傳統電路與可程式控制器的優缺比較表.....	20
表 4-3 RO 膜清洗測試結果.....	22
附錄 1 表 1 規劃 PLC 外部輸出點.....	25
附錄 1 表 2 規劃 PLC 外部輸入點.....	25

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

市面上，各式各樣的水林林總總，讓人眼花繚亂，蒸餾水、純水、離子水、電解水、函氧水等各種水品不勝枚舉，甚至於家用桶裝水在內，我們彷彿對它們的存在，早已習以為常。

水分為軟水、硬水，一般的自來水經消毒、過濾，酸鹼 (PH) 值約呈中性，而山泉水、地下水等礦泉水或海水等水源，因為礦物質含量較高，多是偏鹼性的硬水；純水等不含礦物質的水多是偏酸性的軟水。

長時間喝偏酸性水，會讓身體體質漸漸轉為酸性，而且大家都認為酸性體質是重大疾病的起因，那改喝鹼性水好嗎？可是人體的腸胃道是酸性的，而且好菌是必需生存在酸性的環境下，所以喝那種水才好呢？

無論是偏酸性或偏鹼性的水，由於喝入人體後，人體細胞內可自行平衡調整，並不會對人體酸鹼值造成太大影響，所以只要是乾淨、無色、無味、無嗅、無雜質、無重金屬、無菌、含氧、含礦物質就是好水。

現在社會因工業污染嚴重，所以對於飲用水的健康日益重視，對一般家庭所使用的飲用水與工場設備所需用水(冷卻水、清洗用水…等)也要求愈來愈高，淨水系統已是現今社會中滿重要的一環，而最受大家所採用的水源處理方式為逆滲透，其中 RO 膜乃是逆滲透設備最重要的濾心。利用 RO 膜來製做水，時間久了會造成 RO 膜阻塞的現象，以至於影響其出水量，所以經過一段時間就必須做更換，否則就需耗費人力來做清洗，耗時費力又增加成本，因此針對市面上所能看到之 RO 清洗膜設備，加入 PLC 程式控制方法來做為改善水質的研究。

## 1.2 研究目的

由於台灣中、南部地區水質不佳，多為含有高濃度礦物質的硬水[1]，會使熱水瓶內膽槽產生結垢之鈣化現象，而這些硬水在被 RO 膜逆滲透濾水裝置處理過後，易使 RO 膜鈣化而造成出水量降低或造成管線滲漏，一般飲水機業者建議家用式 RO 逆滲透濾水裝置約 3~6 個月便要做 RO 濾心的更換，更換 RO 濾心時便會增加人力資源與成本，因此，清洗 RO 膜的設備一一推出，但清潔效果、環境汙染、人力使用，都有所不同，如何清洗才能降低成本，提高良好的工作效率成為一項新的議題。

為了縮短工作時間達到現代所要求的快速成果，我們利用 PLC 程式自動化控制來達到減少人力與縮短清洗時的複雜過程，並輔以超音波震盪來提升清洗效果(超音波清洗在數位與科技生活創新應用學術研討會，已發文證實可提升清洗效果[2])，達到提高 RO 膜使用壽命的需求。

## 1.3 研究架構

RO 膜雖然能過濾水中雜質及異味，能有效提高用水品質，但相對的 RO 濾心是屬於耗材之一，面對不同用戶所使用的原水端，會因為水質差異而影響該濾心的使用年限。

飲水機是現今各大用戶及場所必備的設備，RO 膜耗損後更換濾心更是一筆不容小覷的花費，因此，為了節省 RO 膜的損耗程度，提升 RO 膜的壽命品質，降低更換濾心的頻率，所以針對如何提高 RO 膜清洗效率，並且在清洗時對 RO 膜結構之破壞降至最低為目地，將原先只使用原水清洗之系統，加入 PLC 程式控制來控制各種清洗藥劑作用時間的長短與超音波的使用時機，以確保不會因使用時間過久或過少而造成 RO 膜結構被破壞。



首先挑選出阻塞情形相仿之 RO 膜，出水量在 105cc~114cc 及 115cc~124cc 來做測試，運用 PLC 程式來設定自動及手動清洗之功能，搭配超音波功能來加速清洗 RO 膜的結果，並使用液位控制的方法，達到自動停水及加水的功能，且可防止因為水位太滿或不足而造成清洗不當。本論文所提出的研究架構，如圖 1-1 所示。

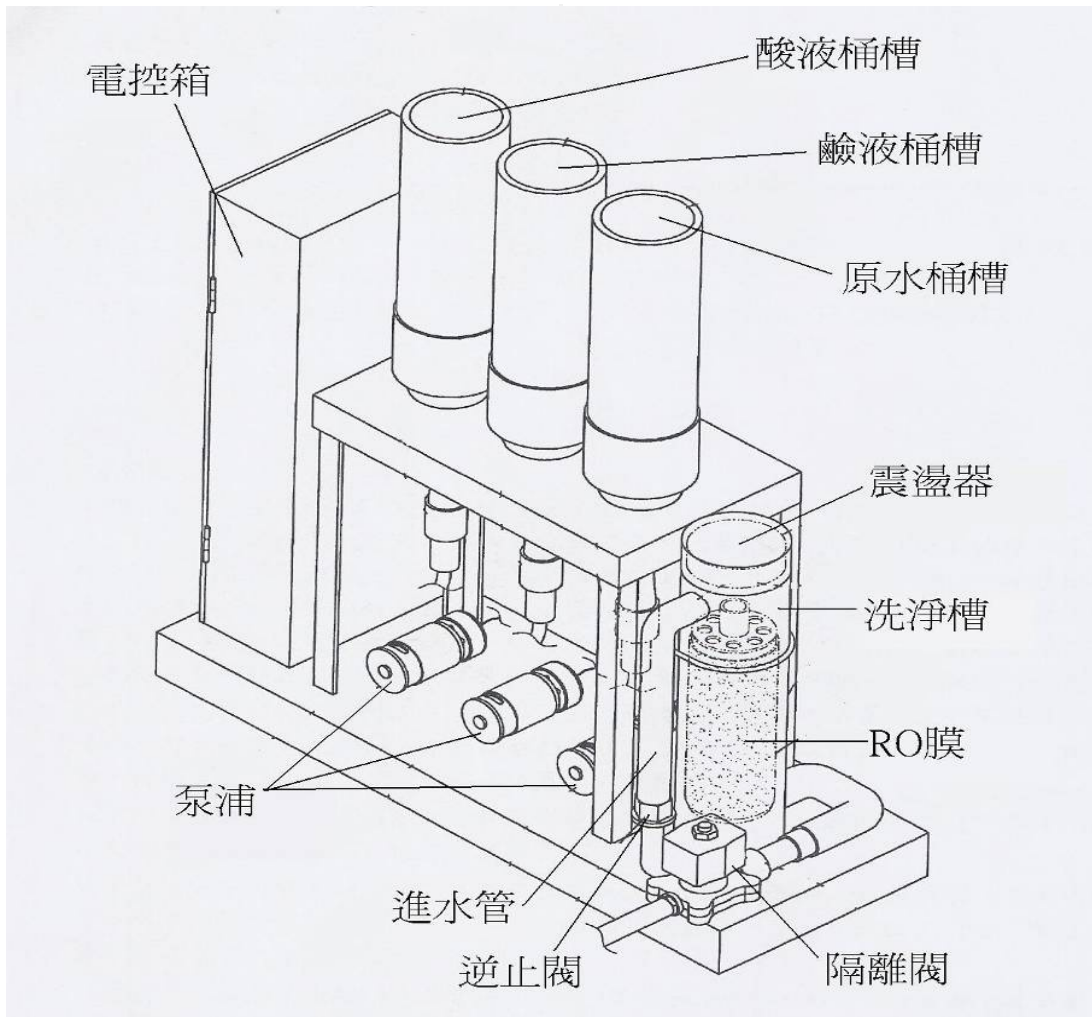


圖 1-1 自動超音波 RO 膜清洗器示意圖

## 第二章 各系統理論基礎

### 2.1 可程式控制器 (PLC)

傳統式以繼電器為主的電機控制系統中，每當變更設計時，整個系統幾乎都要重新再調整，不但費時費力；同時由於繼電器還有接點接觸不良、容易磨損、體積太大之缺點，因此會造成成本升高、可靠性低、不易維修等問題。為了改善這些缺點，美國 DEC 在 1969 年首度發表：可程式控制器(Programmable Controller)[3]。程式控制器在發表初期被稱為(Programmable Logic-Controller)簡稱 PLC，最先的目的是取代繼電器，執行繼電器邏輯、其他計時或計數等功能及順序控制為主，所以也稱順序控制器，其結構也像一部微電腦，所以也可稱為微電腦可程式控制器(MCPC)，直到 1976 年，美國電機製造協會正式給予命名為 Programmable Controller 即可程式控制器，簡稱 PC，但由於個人電腦(Personal Computer)極為普遍，加上常與可程式控制器配合使用，為了區分兩者，所以一般都稱可程式控制器為 PLC 來加以分別。

PLC 是以微處理器為基礎，應用於複雜控制功能中的一種專業電腦，它易於使用，就連對電腦不熟悉的人都能寫程式，繼而控制操作 PLC，一般 PLC 寫程式的方式有兩種，一種是條例程式化，另一種是藉由呼叫元件及畫圖的方式建立階梯圖 (Ladder) 程式，此階梯圖經由電腦連線 PLC 方式作控制，可以減化掉大部分由各種繼電器及線路組成的控制線路。

國際電機技術協會 ( IEC ) 對可程式控制器定義如下：

可程式控制器是特別為工業操作而設計的數位電子設備，它可使用記憶體儲存指令，其資料除了邏輯運算、數學演算、技數、計時及順序控制的功能之外，也可由數位或類比信號轉換模組，來控制各種機械的操作方式。

在一般的行業裡，只要有電路的基礎，再參考廠商的使用手冊，就可輕易的進入 PLC 控制的領域。無論如何，PLC 是一種經濟、便宜、可靠度高、

易操作的設備，且於控制系統變更時，PLC 更可直接於線上做變更程式的處理。

可程式控制器有下列主要優點：

1. 具彈性：以往每個機器設備都有自己的控制電路，PLC 可將製程規劃控制到全生產線上的機器設備，且要變更修改功能時只要在線上改變程式即可。
2. 接點數多：PLC 它的內建功能裡，有許多輔助接點、繼電器、計時器、計數器等可供利用。
3. 價格合理：科技進步，PLC 功能越來越強，使用者多，導致價格越來越合理，現今只須花費少許的經費就可購得功能強大的 PLC。
4. 可事先模擬運轉：在程式輸入後還沒有裝入設備之前，可測試運轉，由 I/O 模組上燈號的正確與否來檢測，修改程式是否達到要求功能。
5. 執行速度快：PLC 程式執行各操作指令以微秒為計算單位，所以快速。
6. 可利用階梯圖規劃電路：PLC 可經由電腦連接使用階梯圖編輯軟體。
7. 可靠度高、維修容易：PLC 是由數位電子電路所組成，其可靠度相當高，維修成本很低。
8. 資料易於檔案化：PLC 程式、階梯圖或電路可經由 PLC 或連線電腦外接印表機，便可將所有資料列印歸檔。
9. 安全性高：為防止 PLC 程式或電路流入他人之手，可以利用 PLC 系統中的密碼及識別碼來管制人員的使用狀況，故其安全性甚高。
10. 容易修改程式：PLC 可經由程式書寫器或電腦輕易的改變其內部程式。

目前市面上之 PLC 種類繁多，依照製造廠商及適用場所的不同而有所差異，但是每種廠牌可依機組複雜度分為大、中、小型；而一般工廠及學校通常使用小型 PLC，其中以日本 MITSUBISHI 三菱 F 系列及我國士林電機所生產之 A 系列 PLC 較受國人愛用。而本次研究將以士林電機所生產之 PLC 程控設備為主。

可程式控制器內部架構圖，如圖 2-1 所示，其內部處單元包括 CPU、輸入模組、輸出模組三大部門[4]，PLC 的 CPU 會經由輸入模組取得輸入元件所產生的訊號，再從記憶體中逐一取出原先以程式書寫器中輸入的控制指令，經由運算部門邏輯演算後，再將結果過輸出模組加以驅動外在的輸出元件。

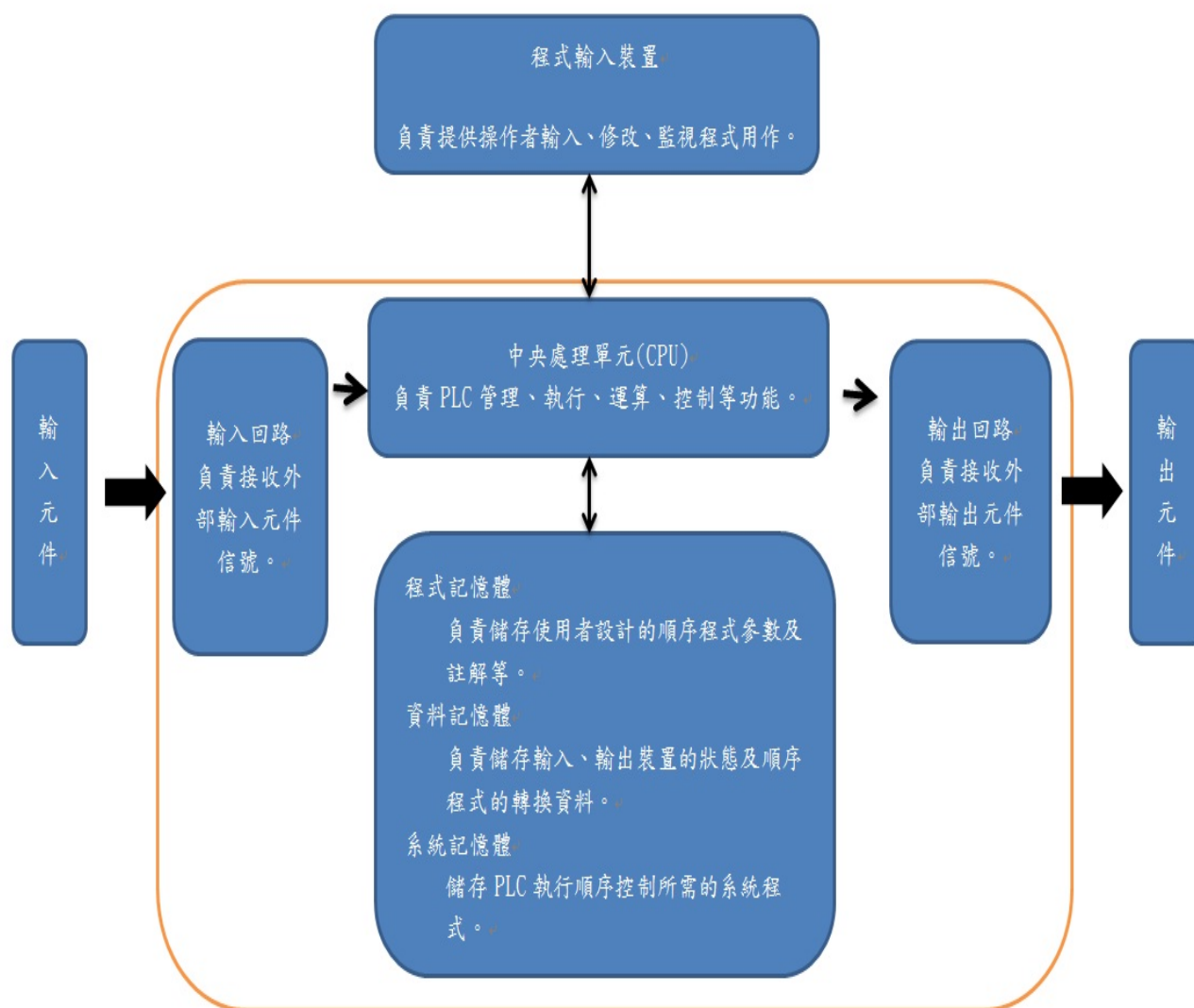


圖 2-1 PLC 內部架構圖

### 2.2.1 CPU 的構成

CPU 是 PLC 的核心，每套 PLC 至少有一個 CPU，它會按 PLC 的系統程式賦予的功能接收並儲存用戶程式和數據，用掃描的模式收集輸入裝置送來的狀態或數據，並存入規定的暫存器中，同時，診斷電源和 PLC 內部電路的工作狀態和編寫程式過程中的語法錯誤等。進入運行後，從記憶體中逐條讀取指令，經分析後再按指令規定的任務產生相應的控制信號，去指揮有關的控制電路。

CPU 速度和儲存容量是 PLC 的重要參數，它們決定著 PLC 的工作速度，IO 數量及軟體容量等，因此關係著可控制的規模[5]。

### 2.2.2 I/O 模組

PLC 與電路的界面，是透過輸入輸出部分 (I/O) 完成的。I/O 模組集合成了 PLC 的 I/O 電路。輸入模組將電信訊號變換成數位訊號進入 PLC 系統，輸出模組則相反。I/O 分為數位輸入 (DI)、數位輸出 (DO)、類比輸入 (AI) 與類比輸出 (AO) 等模組。

### 2.2.3 電源模組

PLC 電源用於 PLC 各模組的積體電路提供工作電源。同時，有的還為輸入電路提供 24V 的工作電源。電源輸入類型有：交流電源(220VAC 或 110VAC)，直流電源 (常用的為 24VAC)。

## 2.2.4 PLC 系統的其他設備

- 1、編程設備：編程器是 PLC 開發應用、監測營運、檢查維護不可缺少的工具，用於編程、對系統作一些設定、監控 PLC 及 PLC 所控制的系統的工作狀況，但它不直接參與現場控制與運作。
- 2、人機界面：最簡單的人機界面是指示燈和按鈕，目前互動式銀幕的應用也是越來越廣泛，由個人電腦（自行開發的軟體）充當人機界面也非常普及。
- 3、輸入輸出設備：用於永久性地儲存用戶數據，如 EPROM、EEPROM 寫入器、條碼閱讀器，輸入類比量的電位器，印表機等。

## 2.2.5 PLC 的網際網路

依靠先進的工業網路技術可以迅速有效地收集、傳送生產和管理數據。因此，網路在自動化系統集合的工程中重要性越來越顯著。

PLC 具有網際網路或無線網路的功能[6]，它使 PLC 與 PLC 之間、PLC 與電腦之間以及其他智能設備之間能夠交換訊息，形成一個統一的整體。多數 PLC 具有 RS-232 界面，還有一些內置有支援各自通信協議的界面。

## 2.2 超音波

### 2.2.1 應用範圍：

超音波馬達是利用壓電材料輸入電壓會產生變形的特性，使其能產生超

音波頻率的機械振動，再透過摩擦驅動的機構設計，讓超音波馬達如同普通馬達一般，可進行旋轉運動或直線式移動。一般馬達運轉時會發出雜音，這是因為馬達內部結構產生振動，而振動頻率恰好在我們耳朵可以感受的頻率範圍內。超音波馬達的振動頻率則設計在人類耳朵所能聽到的範圍之外，所以當它運轉時我們感覺不到有聲音覺得非常安靜，這就是超音波馬達相當重要的特色。由於超音波馬達的振動頻率高於我們耳朵所能感受的範圍，像是醫院、圖書館等需要保持安靜的場所，就可以使用超音波馬達。更因超音波馬達體積小、重量輕、又比同尺寸的馬達輸出更有力，且不受磁場影響，故在太空梭、無人探測船、人造衛星等特殊環境上使用，超音波馬達也有很大的發展空間！

迷你型超音波洗淨機適用於個人、家庭及小型服務業使用，在不會損壞清洗物材質及表面為前提下，能有效清除死角縫隙內之污垢，為清洗的最新洗淨利器，用途之廣泛例如：眼鏡、隱形眼鏡、防水型手錶、鐘錶零件、珠寶、首飾、鑽戒、假牙、牙刷、電鬚刀片，各式噴嘴，奶嘴、奶瓶、印章、指甲污垢、玻璃成品、胸針、領帶夾、皮帶扣環、小型 P.C.B、小型廚房用品、各式製圖針筆、精緻金屬、牙科、眼科、化學、食品、化妝品、醫藥、電子。。。等各式各樣物品之洗淨。

### 2.2.2 清洗原理：

超音波洗淨技術的原理，是將洗淨液先放入洗淨槽中，再利用超音波高速震盪(每秒甚至可達 4 萬 5 千次)、疏密有秩的特性，推動介質作用，使液體分子間產生壓力的交替變化，在負壓的區域，液體會產生撕裂的力量，形成真空的氣泡；但是當聲壓累積到一定程度時，氣泡會持續擴張，並在正壓的區域受到擠壓與閉合，這種現象成為空穴效應[7]，如圖 2-2 超音波原理圖及圖 2-3 超音波氣泡崩裂情況。當洗淨液中無數細小的真空氣泡，在震盪過程中受壓破裂時，會因為加速度而產生強大的衝擊力，即可使清洗物品的表面與細縫死角粘附的髒汙剝離，達到徹底洗淨的效果[8][9]。

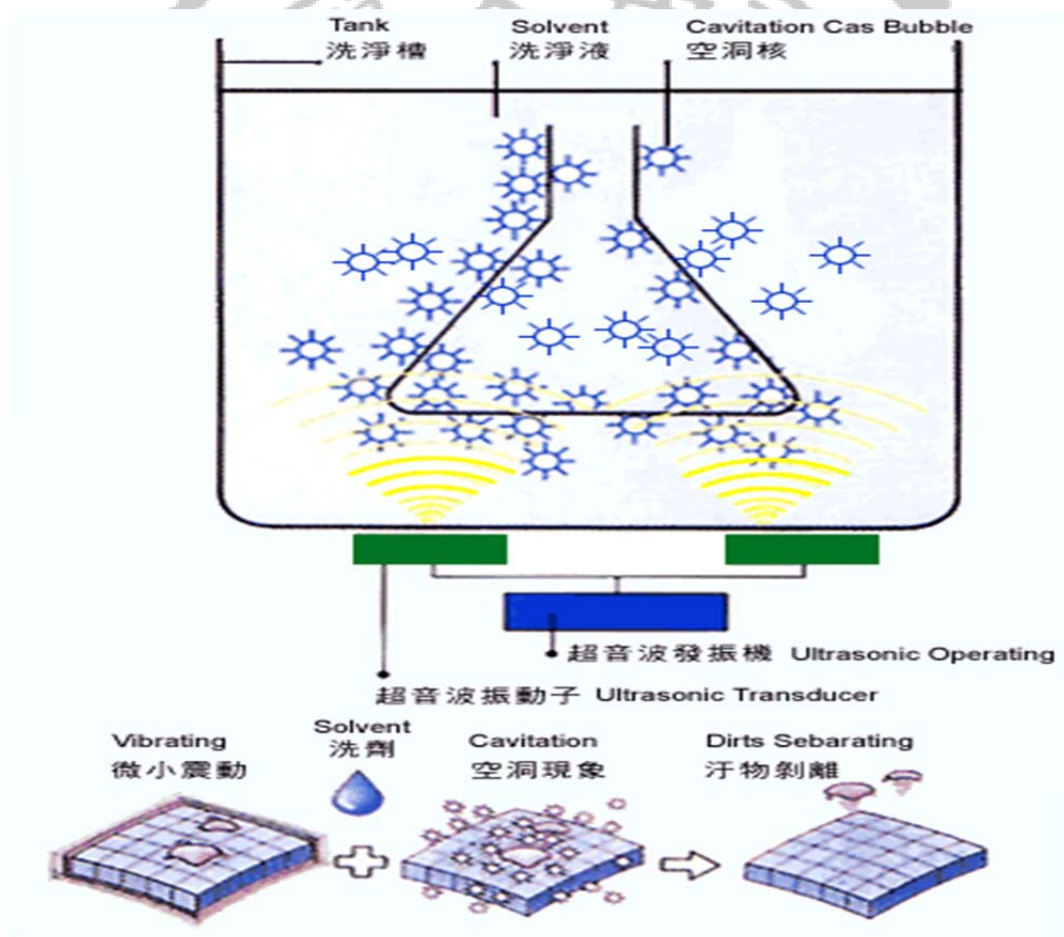


圖 2-2 超音波原理圖



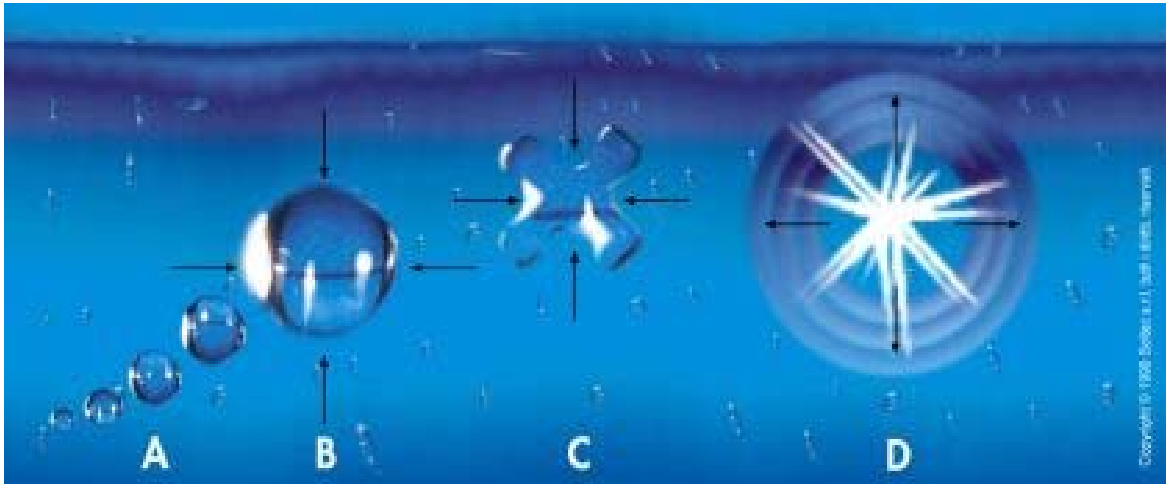


圖 2-3 超音波氣泡崩裂情況

- Phase A: vacuum phase (negative pressure) ，氣泡產生。
- Phase B: ultrasonic compression ，正擴張的氣泡受到巨大的壓力。
- Phase C: the bubble collapses ，溫度上升氣泡逐漸崩塌。
- Phase D: release the impact energy ，由於氣泡崩塌而釋放出能量以清潔物品。

### 2.2.3 超音波和其它方法的清洗比較：

依圖 2-4 所示，可整理出下列幾點：

1. 增強洗淨程度與效果，尤其針對各種微小形體之物件，例如形狀複雜、有隙縫孔穴不易清洗之物品，成效更加顯著，而且不傷及被清洗物原有風貌。
2. 洗淨品質可達完全合乎標準化。(絕對不受工人體力或情緒影響品質)
3. 省時、省力、合乎經濟能源的需求；提高工作績效與生產競增力、降低工時成本。。。等。

## 超音波和其他方法的清洗效果比較

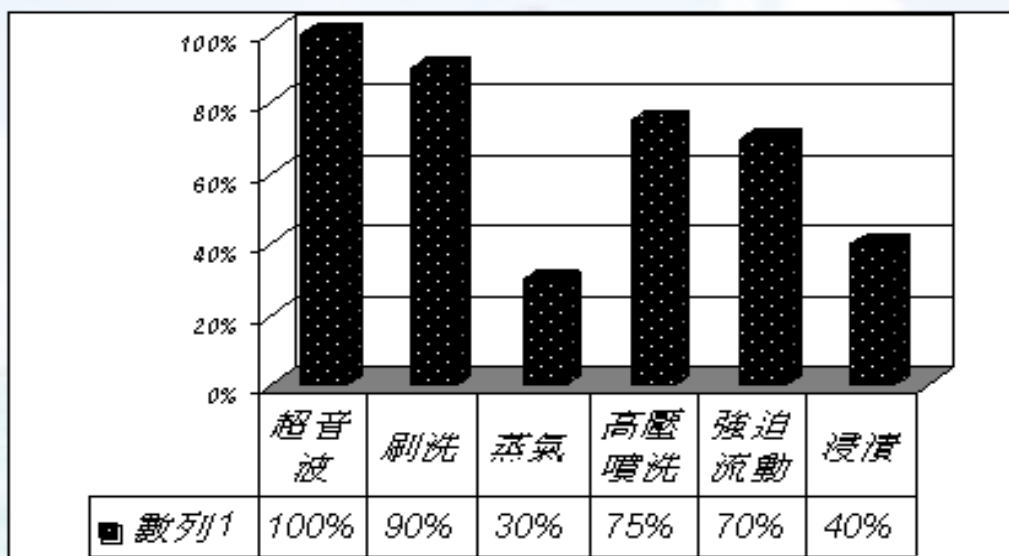


圖 2-4 超音波和其他方法清洗效果比較圖

## 2.3 濾水設備

### 2.3.1 濾水器原理：

逆滲透淨水器一般包括了 2-3 個前置過濾器(第一段為百萬分之五公尺 (5 微米=5mm)的濾心，第二段為活性炭濾心，有些機型有第三段 1 微米的濾心)及逆滲透膜，部分機型在清水儲水桶出到水龍頭前加裝後置性碳濾心。

第一段濾心主要用於去除水中泥、砂等雜質顆粒，第二段活性濾心則用於去除水中有機物、臭味分子及氯等，逆滲透膜則可去除大多數水中溶解性的雜質，後置活性炭則進一步除去逆滲透膜殘留的污染物。逆滲透淨水器的主要作用單元是逆滲透膜，利用半透膜的原理，施加壓力使原水流過半透膜，而將雜質留在膜的另一邊，隨廢液流掉。

### 2.3.2 RO 過濾原理：

滲透法 Reverse Osmosis 簡稱 RO，是目前所知最有效及最現代的水處理方法，所謂的逆滲透原理是在原水端加壓，使純淨的水分子穿透半透膜產生純水，同時將無法穿透半透膜的各種雜質及有害物質隨著濃縮廢水排放 [10]。

半透膜為一種多孔性的材質孔徑極小，水只能從一方流入，而不會回流，且其孔徑大小剛好可以通過水分子，因此比水分子大的分子如重金屬、酚類、螢光劑都無法通過，細菌、大腸菌、病毒亦無法通過 [11]。可以有效過濾水中所含對人體有害的物質，就連臭味等相關會影響口感的化學物質均可被逆滲透薄膜去除 [12]。

利用半透膜的材質，及水分子滲透的特性，一般水分子會由濃度低(雜質極少)的一端往濃度高(含較多雜質)的一端滲透，但是在濃度高的一端加壓就會形成逆滲透，也就是水分子由濃度高的一端往濃度低的方向逆滲透，因此逆滲透的基本配件就是半透膜與加壓馬達。

### 2.3.3 過濾能力：

半透膜可以過濾水分子以外大部分的離子，一般來說分子量大的處理能力可達 99%，分子量小的約 90%，這與離子的價數、濃度有關，也與半透膜的種類及品質也有關，至於對  $PO_4$  與  $SiO_2$  的處理大概在 90-95%之間。

## 2.4 液位控制

### 2.4.1 原理：

液位控制最基本的種類有二種，一種是高低液位控制，最明顯的例子是住家樓上的儲水槽，其內部有一浮球，當水位高時，浮球浮起來，則其內部電氣接點即打開，樓下的泵浦即停止，反之，水位低時浮球向下沉，則其內部電氣接點即通導，樓下的泵浦即啟動，於是儲水槽會在某一高低液位變化。另一種是穩定在某一液位位準的控制，系統可使用很多種感測器(如差壓、超音波、雷達波、電阻式、電容式、電感式、連續式浮球式、重力式。。。等)作為感測水位高度，然後將水位高度轉換成電的信號送至控制器或電腦，其內部會有一運算程式，依據系統需要的液位(設定值)，其差值再輸出到你要控制補水的裝置，如馬達速度或電動閥或氣動閥開度，使水槽的水位保持你要的高度。

### 2.4.2 控制器的類型：

導電式 (conduction type) 感應棒控制：利用水會導電的原理，在不同液位安裝適當長度的液位器來形成迴路，如圖 2-5 所示。

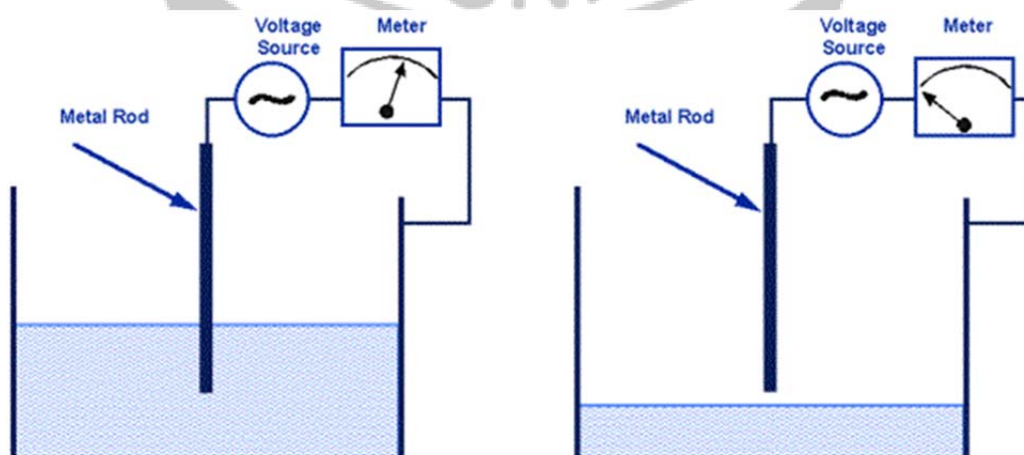


圖 2-5 導電式 (conduction type)

液位式(conduction type) 感應棒控制：不同的液位形成的迴路會使控制器採取不同的動作。如指定 Pump On(啟動補水泵)的感應棒形成迴路時，控制器會將泵啟動，直到 Pump off(關閉補水泵)的感應棒形成迴路後，控制器將泵停止。感應棒越多，功能越多(如加高水位警示或低水位警示)，如圖 2-6 所示。

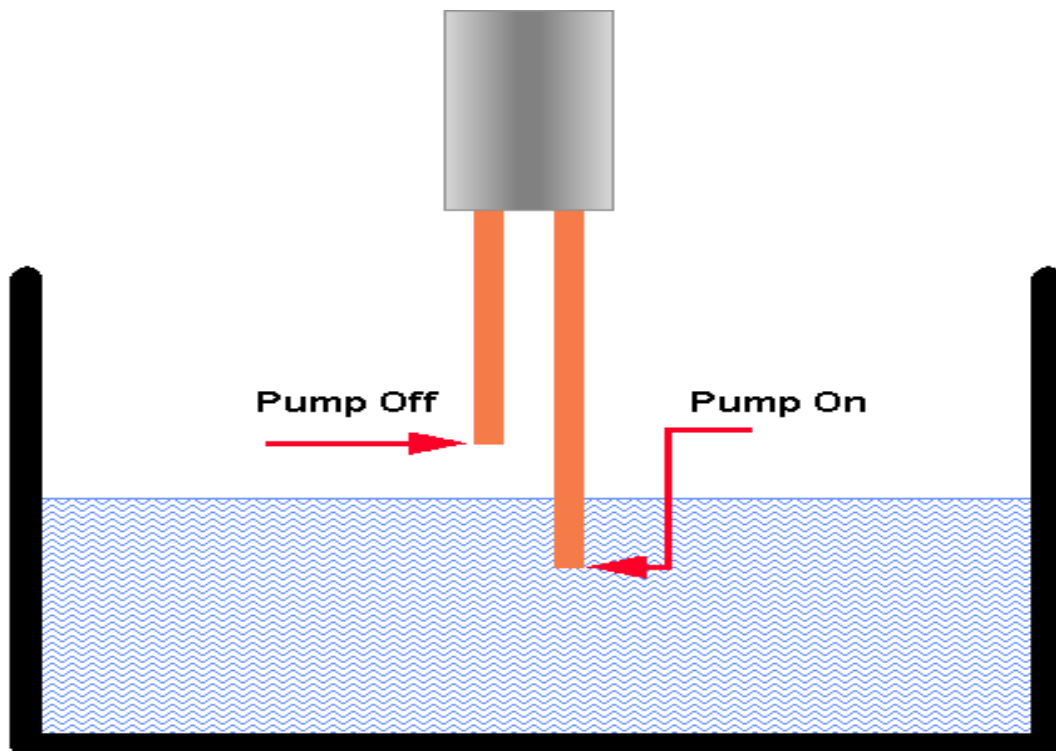


圖 2-6 液位式(conduction type)

電容式感應棒 (Capacitance type)：隨著浸水面積的增加，電容量也回隨著增加以電容量大小來顯示液位的高低。好處是可以用來作比例式控制來隨著液位即時調節，如圖 2-7 所示。

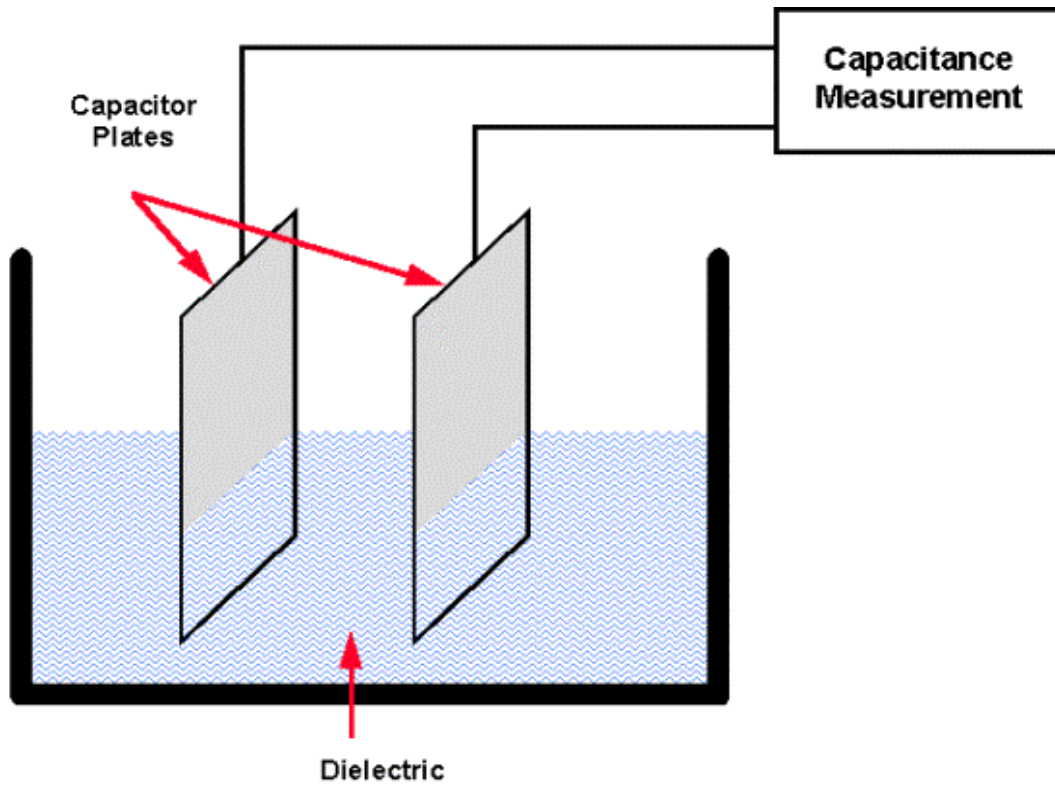


圖 2-7 電容式感應棒 (Capacitance type)

浮筒式液位控制 (float type)：原理如家中的馬桶一樣，浮筒隨著水位上下，在到達一定位置時切換電磁開關來開始補水或停止補水，如圖 2-8 所示。

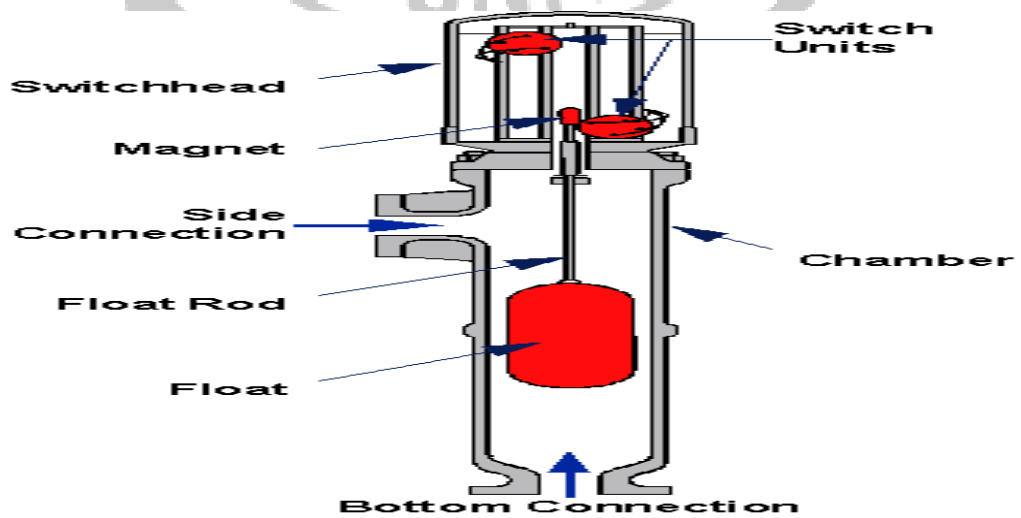


圖 2-8 浮筒式液位控制 (float type)

## 第三章 系統架構與動作流程

自動超音波 RO 膜清洗器利用 PLC 程式控制三個桶槽，分別為原水槽、酸液槽、鹼液槽，控制三個泵浦按照流程依序汲取原水槽、酸液槽、鹼液槽之藥劑於洗淨槽，對 RO 膜進行數次沖洗，並導入超音波震盪來輔助 RO 膜之清洗，以達到對 RO 膜含有的金屬之成分、有機物質及鈣化現象得以加速溶解與分離之功用，附著於隙縫死角難以清洗之污垢與雜質亦可順利剝離，執行徹底洗淨的功效且不傷害濾心本體，上述動作皆使用 PLC 程式來做設定，並提供自動清洗及手動微調兩種操作模式，讓使用者能依狀態來選擇清洗之方式，以提高清洗效率，提高 RO 膜過濾效果與出水量的提升。自動超音波 RO 膜清洗器示意圖如圖 3-1、PLC 程式控設備圖如圖 3-2、系統實體如圖 3-3。

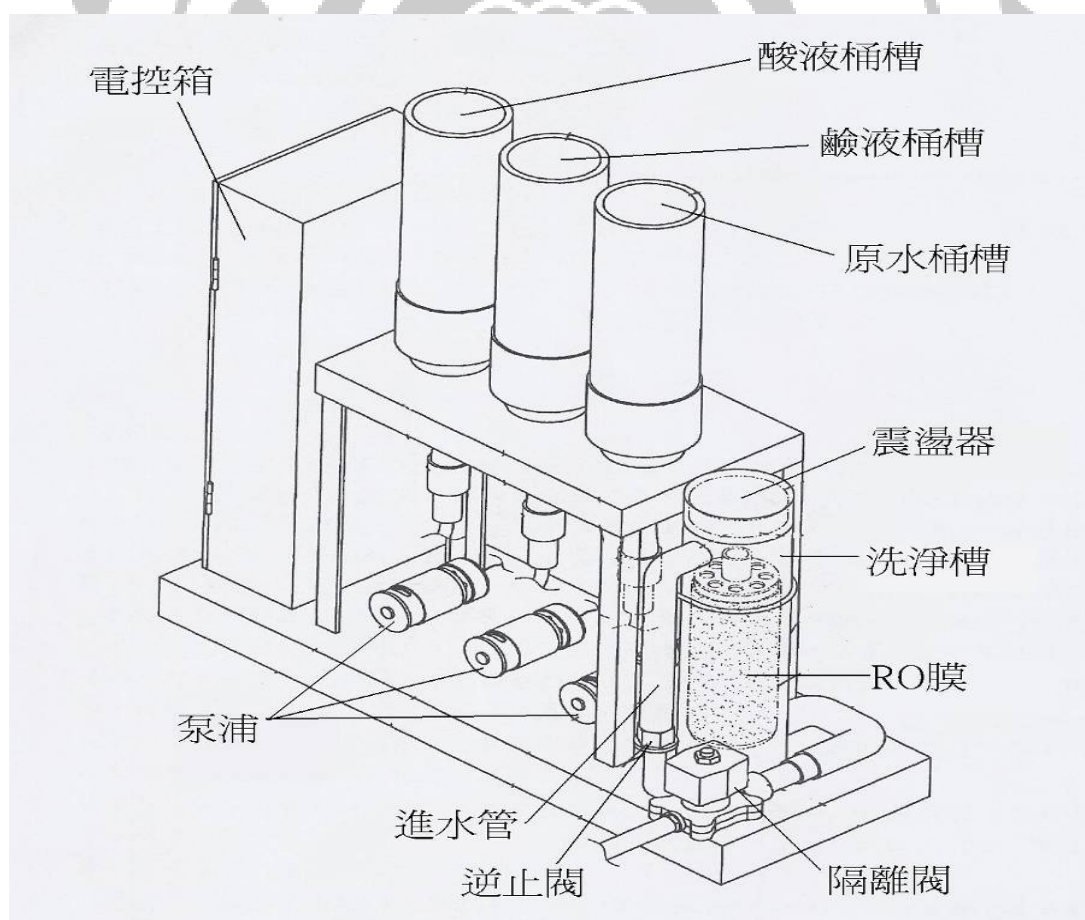


圖 3-1 自動超音波 RO 膜清洗器示意圖



圖 3-2 士林電機 SHIHLIN ELECTRIC PLC 程控設備



圖 3-3 系統實體圖



PLC 程式控制動作流程如圖 3-4，首先在清洗前先將 RO 膜放入洗淨槽作準備，當電源送電時，按下自動開始的按鈕，酸液注入洗淨槽並依設定之時間做浸泡，溶解 RO 膜內之污垢，再以超音波震盪來輔助清洗，依清洗時間清洗後將酸液排出，接著注入清水逆洗，將殘餘酸液及廢水排出，接著再將鹼液注入洗淨槽並依設定之時間做浸泡，再以超音波震盪來輔助做清洗，依清洗時間清洗後將鹼液排出，最後，注入清水以清水作逆洗的動作將殘餘鹼液及廢水排出，完成 RO 膜之清洗流程並待機，其中，在任何清洗階段時按下停止按鈕，均會停止所有動作並回到初始待機狀態。

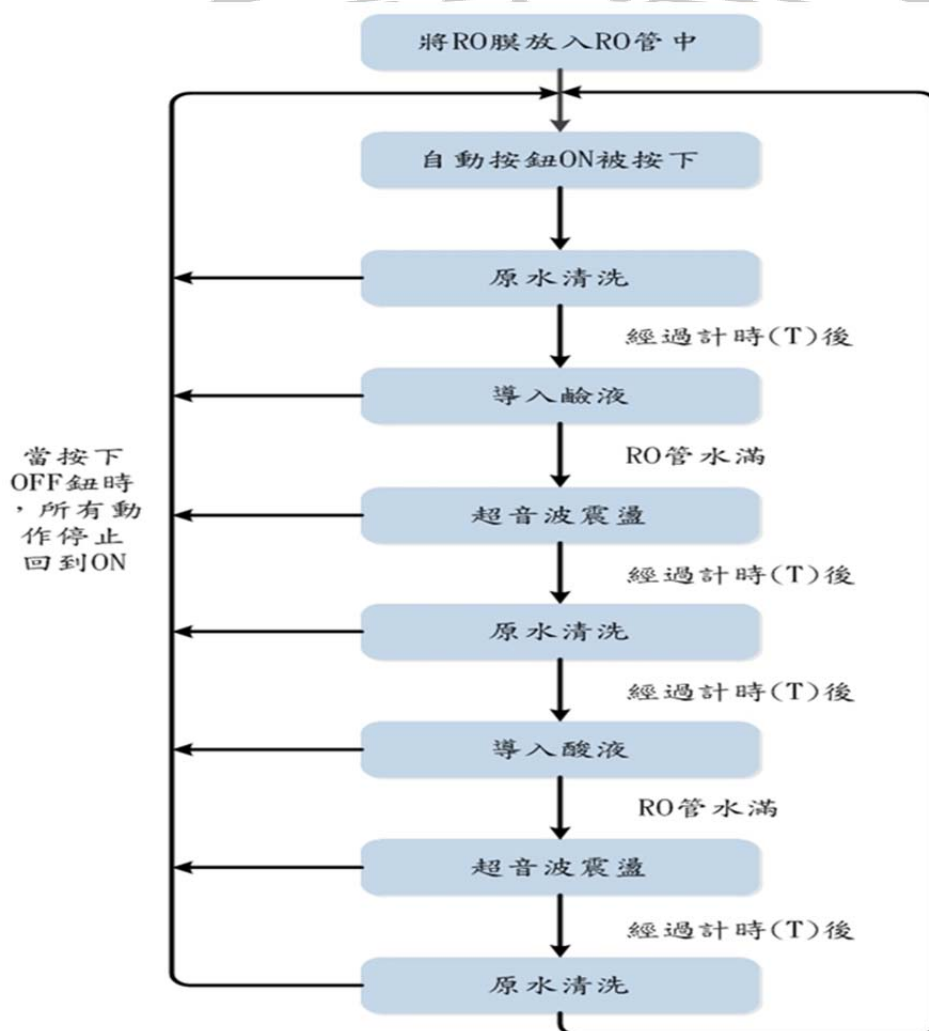


圖 3-4 系統之動作流程圖

## 第四章 測試結果

### 4.1 傳統電路與可程式控制器的優缺比較

	傳統繼電器方式	可程式控制器 (PLC)
功能	使用大量繼電器，可達複雜的功能	利用程式設計，任何複雜動作均可
控制功能之變更	變更配線	只需修改程式
可靠性	受接觸不良及壽命之限制	內部控制皆為半導體元件，可靠性高
彈性	裝置完成後不適用於其他用途	利用程式可使用於各種軟體
擴充性	追加，改裝困難	能力範圍內可自由擴充
保養容易度	定期檢修和更換	可換單機裝置修理
技術性	較普及、易懂	內部硬體動作較難瞭解
裝置大小	隨控制之複雜度而擴大	只對輸出／輸入點有影響，對複雜度沒有影響
設計配置時間	配電測試時間長	製作時間短

表 4-1 傳統電路與可程式控制器的優缺比較表

### 4.2 PLC 上未來的發展趨勢

PLC 要相容各種新技術，使 PLC 成為真正意義上的“電腦”，所以 PLC 要可以與智慧 MCC 馬達控制中心、數位車床設備(NC/CNC)與其它運行控制系統、電控設備、變頻設備和軟體等系統相連。

近年來，PLC 廠家在原來 CPU 規範上提供實體層 RS232/422/485 的基礎介面，也加入了各種通訊介面，且也提供了完整的通訊網路。由於近來通訊技術發展快速，PLC 用戶對於網路的需求也愈來愈強烈，目前施耐德公司、羅克韋爾公司、西門子公司除現在已經在使用的網路介面外。也還在積極的投入研發更新更穩定方式。

PLC 的應用領域是寬闊的，還有許多領域急待開拓，如用整合 PLC 和 Zigbee[13]、智慧電表 PLC 通訊的應用、海關過境認證、自動售藥等這些已有實例。另外如公路交通運用（車輛計數、乘客計數及停留時間計量）、物流系統等均可以採用 PLC 來開發研究。

### 4.3 超音波上未來的發展趨勢

由於超音波馬達的振動頻率高於我們耳朵所能感受的範圍，像是醫院、圖書館等需要保持安靜的場所，就可以使用超音波馬達。更因超音波馬達體積小、重量輕、又比同尺寸的馬達輸出更有力，且不受磁場影響，故在太空梭、無人探測船、人造衛星等特殊環境上使用，超音波馬達也有很大的發展空間。

### 4.4 RO 膜清洗測試結果

首先挑選出阻塞情形相仿之 RO 膜，RO 膜出水量在 105cc~114cc 為 A 編號及 RO 膜出水量在 115cc~124cc 為 B 編號，各 10 支來做測試，測試數據如表 4-2 RO 膜清洗測試結果所示，由測試數據可看出阻塞情形越輕微(阻塞情形以流量來判定，全新 RO 膜流量為 133 cc)，清洗效果越佳，反之清洗效果則逐漸降低，如圖 4-1 RO 膜清洗測試數據比較圖所示，因此，為了達到較佳的清洗效果，則需在 RO 膜未受嚴重阻塞情形前清洗，相對的提高了清洗頻率，在此能看出自動 RO 膜酸鹼液清洗系統的必要性。

RO膜清洗測試數據					
A編號	清洗前	清洗後	B編號	清洗前	清洗後
1	106 cc	109 cc	1	115 cc	120 cc
2	109 cc	112 cc	2	120 cc	126 cc
3	105 cc	107 cc	3	124 cc	132 cc
4	113 cc	118 cc	4	119 cc	125 cc
5	105 cc	108 cc	5	121 cc	127 cc
6	112 cc	116 cc	6	121 cc	128 cc
7	111 cc	115 cc	7	118 cc	124 cc
8	114 cc	119 cc	8	123 cc	131 cc
9	108 cc	112 cc	9	115 cc	120 cc
10	106 cc	110 cc	10	117 cc	123 cc

表 4-2 RO 膜清洗測試結果

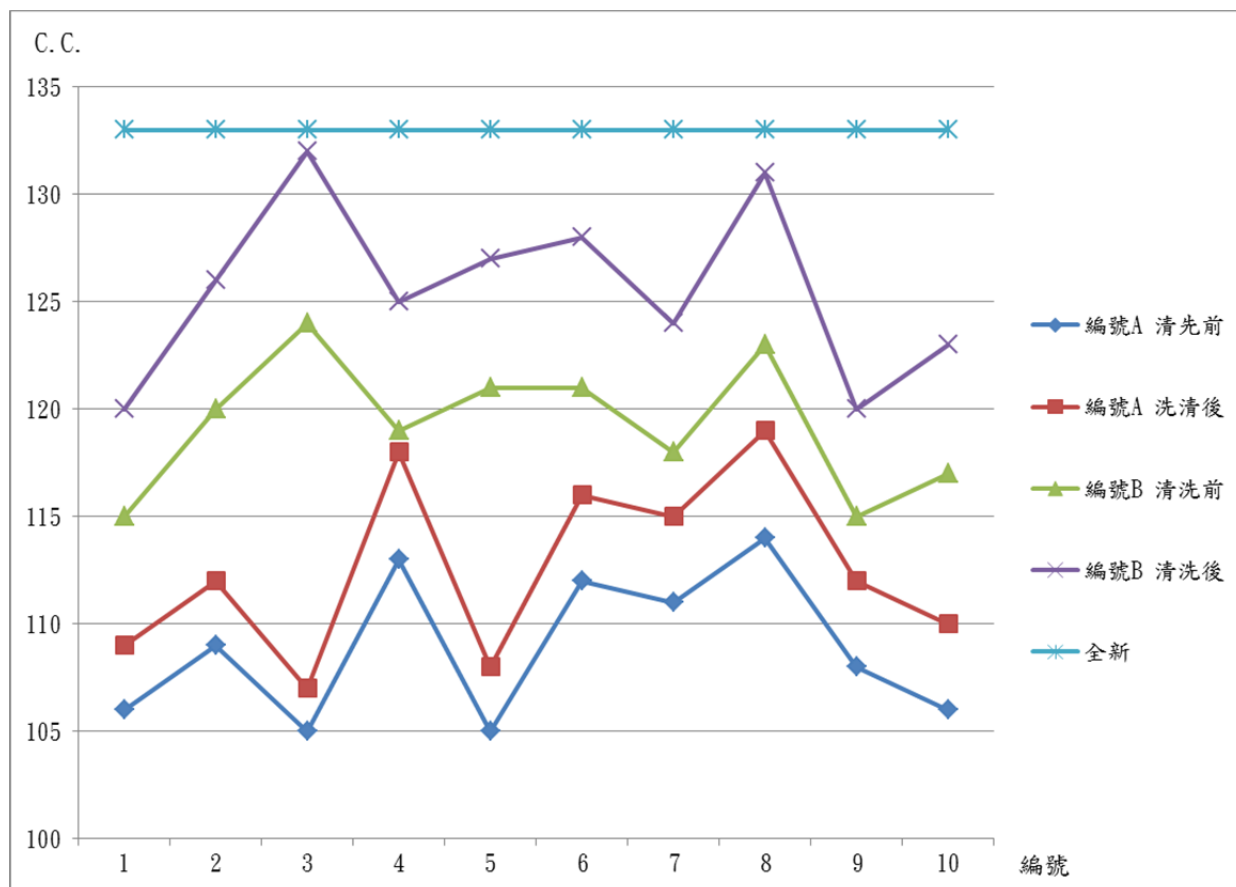


圖 4-1 RO 膜清洗測試數據比較圖

## 第五章 總結

一般家用濾水器及業界所使用的水處理大多採用 RO 逆滲透，RO 膜乃是工業界及科技業界所需要用到純水設備之濾心，而 RO 膜會因為水源的品質造成阻塞現象影響出水量，通常出現阻塞現象就會進行 RO 膜的更換或做清洗等動作，因此，RO 膜所需要清洗的次數非常的頻繁，需耗費人力及時間來做清洗的動作，而本次研究是在 RO 膜清洗器上加入 PLC 程式設計，清洗過程搭配超音波震盪來輔助酸鹼藥劑的清洗，能加速溶解分離雜質和污垢的功用，大大提升洗淨效果，增加 RO 膜之壽命，減少替換 RO 膜次數，由測試結果得知，阻塞情況越輕，所達到之清洗效果越佳，隨著阻塞情況增加，效果則逐漸下降，為了達到較佳之清洗效果，而增加了清洗頻率，因此 RO 膜酸清洗系統上加入 PLC 程式來控制的必要性將大大的提升，一般民眾及業者使用率也隨之上升，能減少替換 RO 膜所造成之成本耗損。

就此研究測試的結果來說，實驗中所測試的結果都顯示用酸鹼溶液比較能清除一些污垢及雜質，但是畢竟各種溶液的更換清洗如果在未使用 PLC 程式控制下手動下去執行，皆會有水量、藥量與時間上的誤差，所以清洗雖有成效但並不顯著，在系統上加入 PLC 控制去除不穩定因素後，清洗的成果就更加明顯。

目前業界所使用的純水、廢水、回收水和超純水系統當中，超純水、純水的 RO 膜在清洗較單純，但廢水回收水系統的 RO 膜非常難清洗，有較多種類的化學污染、重金屬污染…等，相對要清洗這類的 RO 膜程序上相對的就更為複雜，相對的 PLC 程式控制就更為重要，不但可減少了工作的時間，提高工作率，減少工作的時間，是一個值得我們在更深入的研究，從此方向來著手發展。

# 附錄

## 附錄 1. 軟體程式

規劃 PLC 外部輸出點

X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X10
自動	ON	OFF	手動源水馬達	手動酸馬達	手動鹼馬達	手動電磁	手動超音波	液位控制器

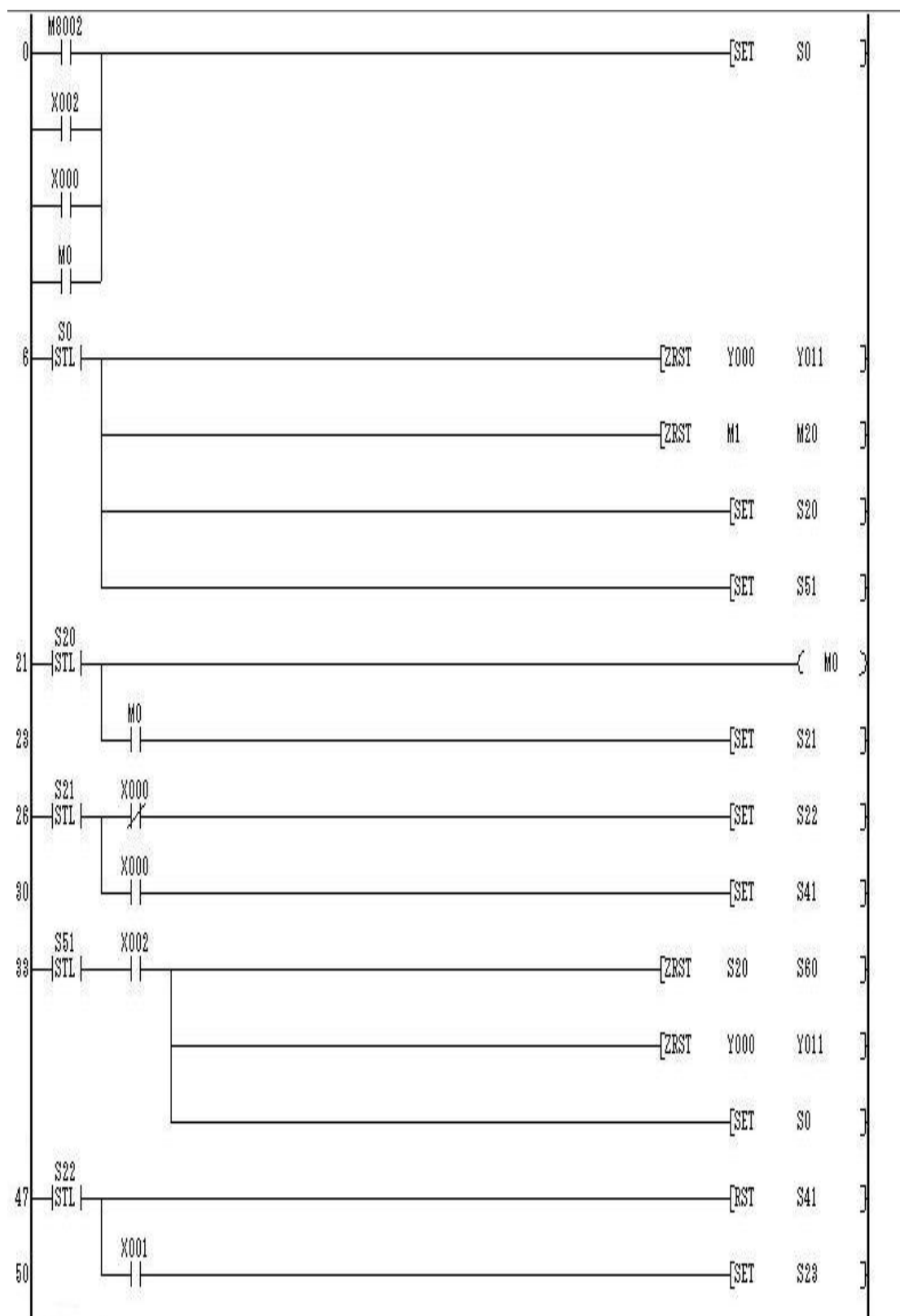
附錄 1 表 1 規劃 PLC 外部輸出點

規劃 PLC 外部輸入點

Y0	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y10
自動	手動源水馬達	手動酸馬達	手動鹼馬達	手動電磁	液位指示燈	24v

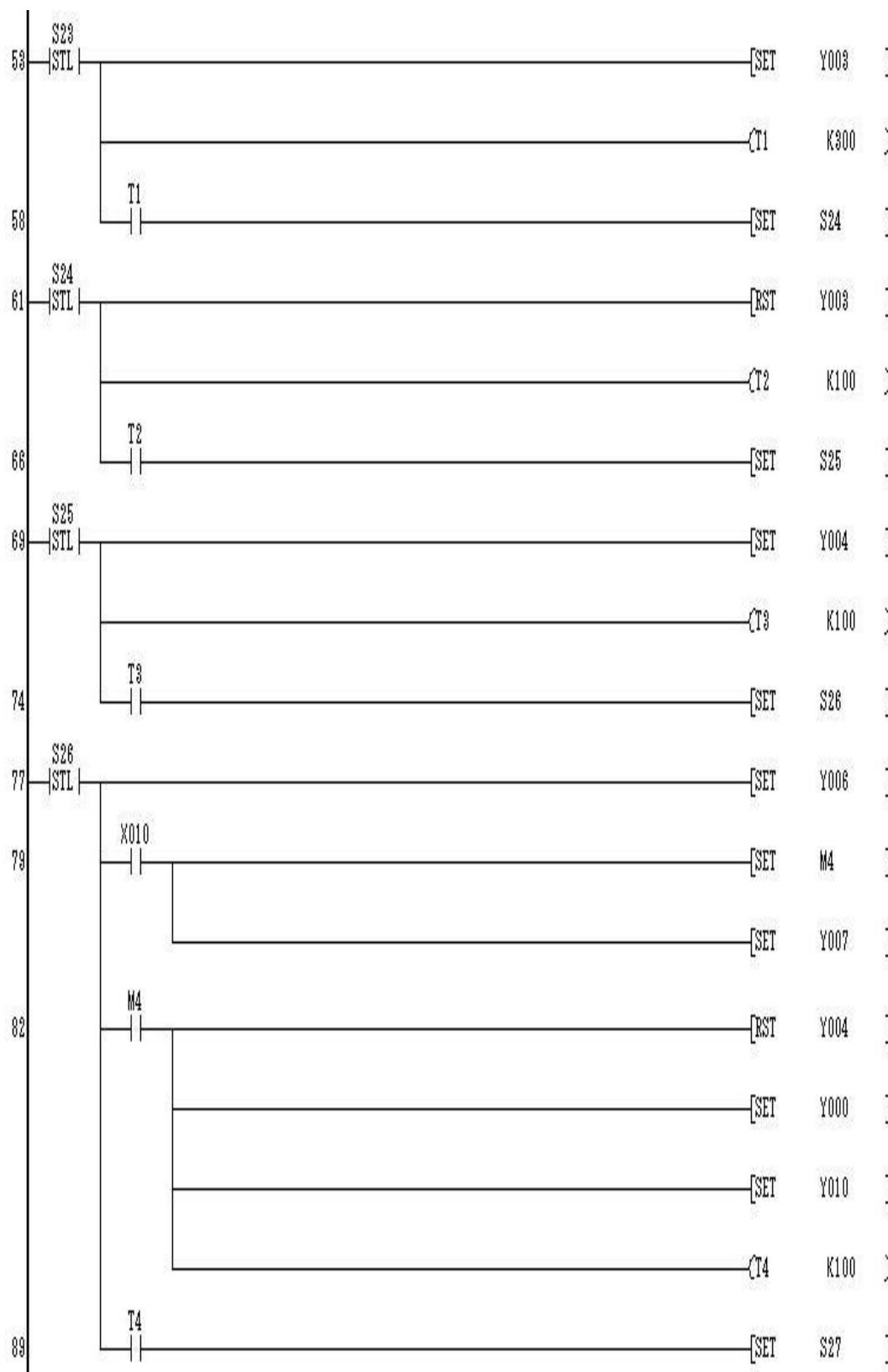
附錄 1 表 2 規劃 PLC 外部輸入點

## 附錄 2. PLC 步進圖

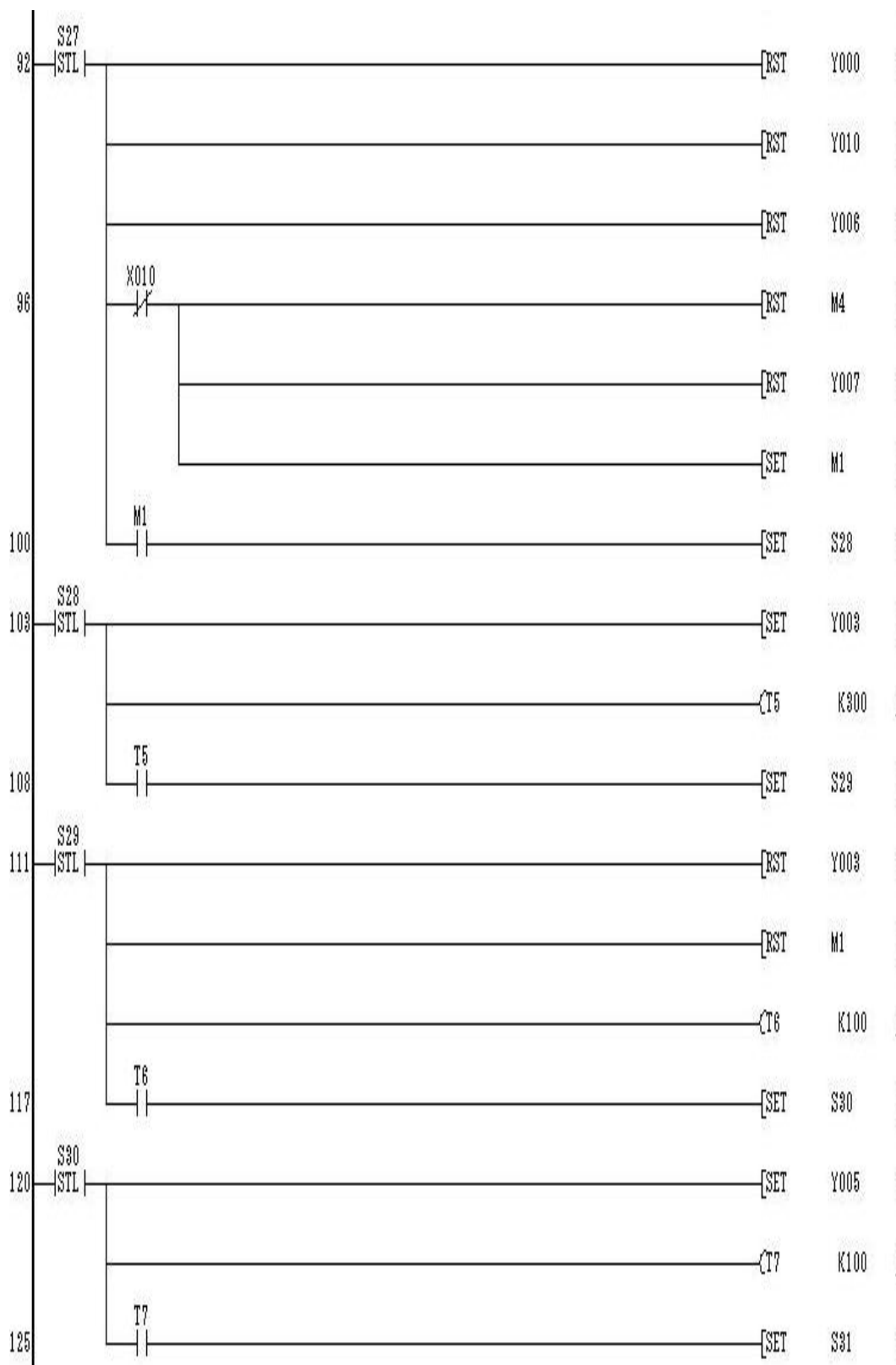


附錄 2 圖 1 PLC 步進圖

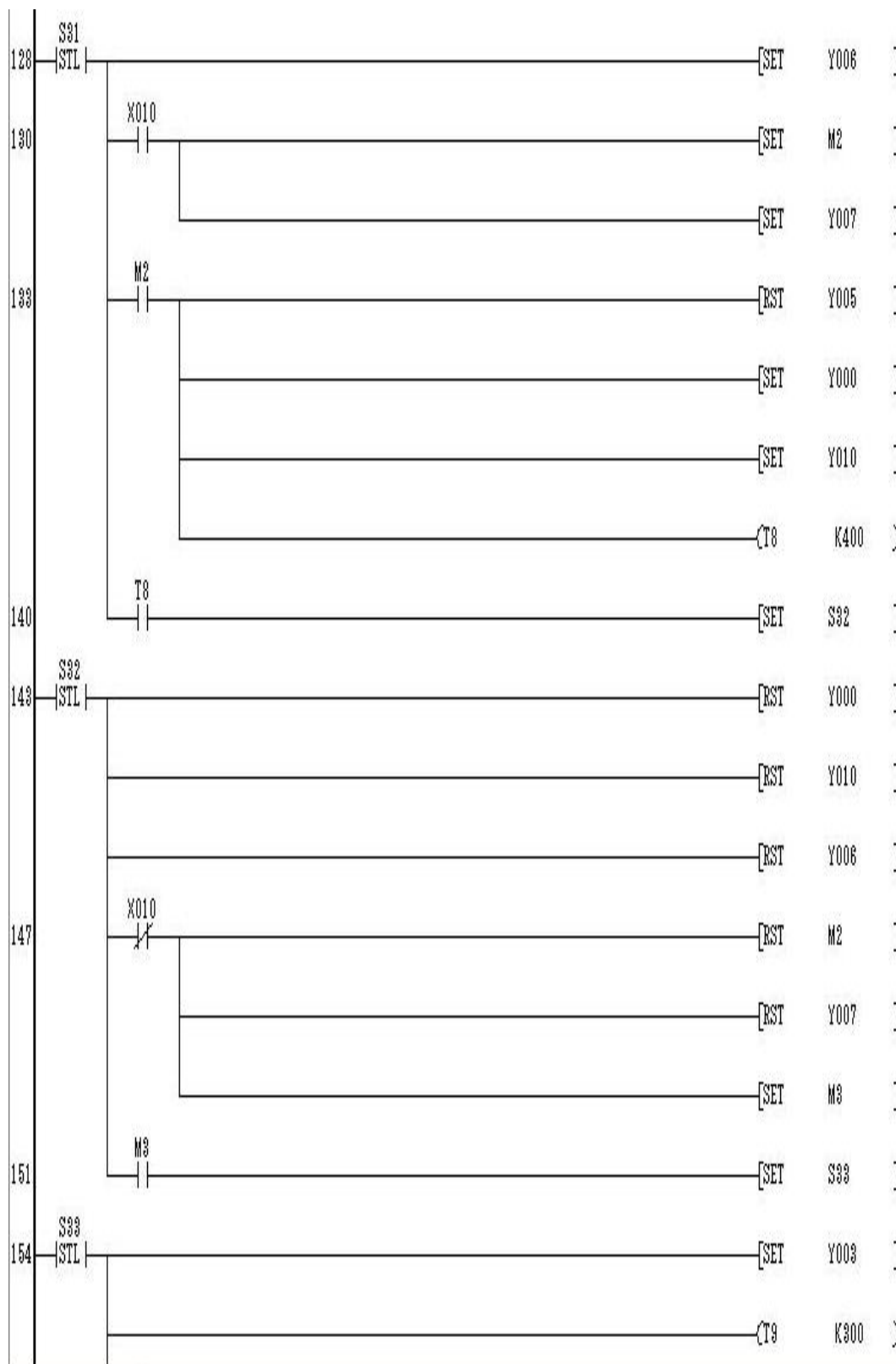




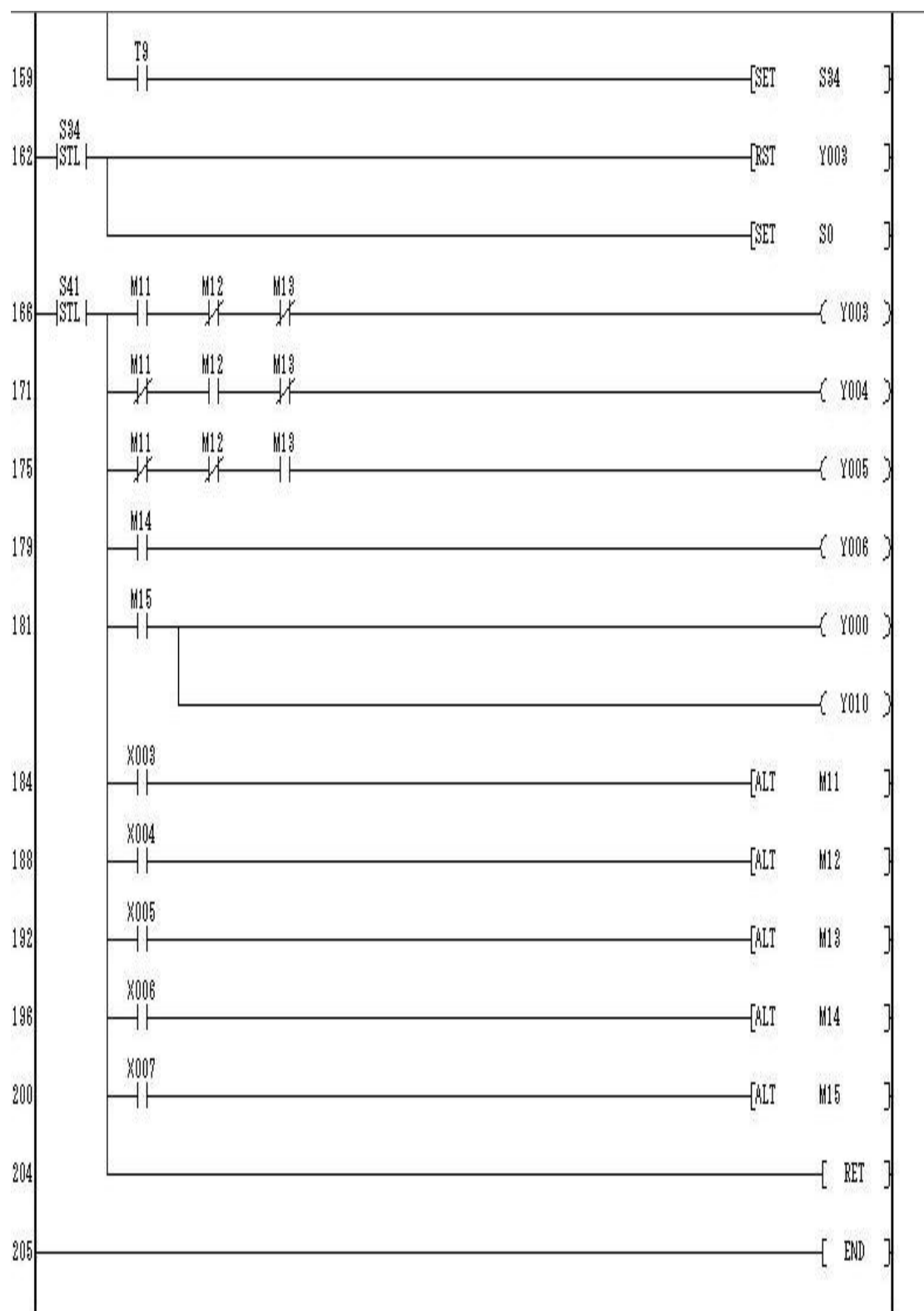
附錄 2 圖 2 PLC 步進圖



附錄 2 圖 3 PLC 步進圖

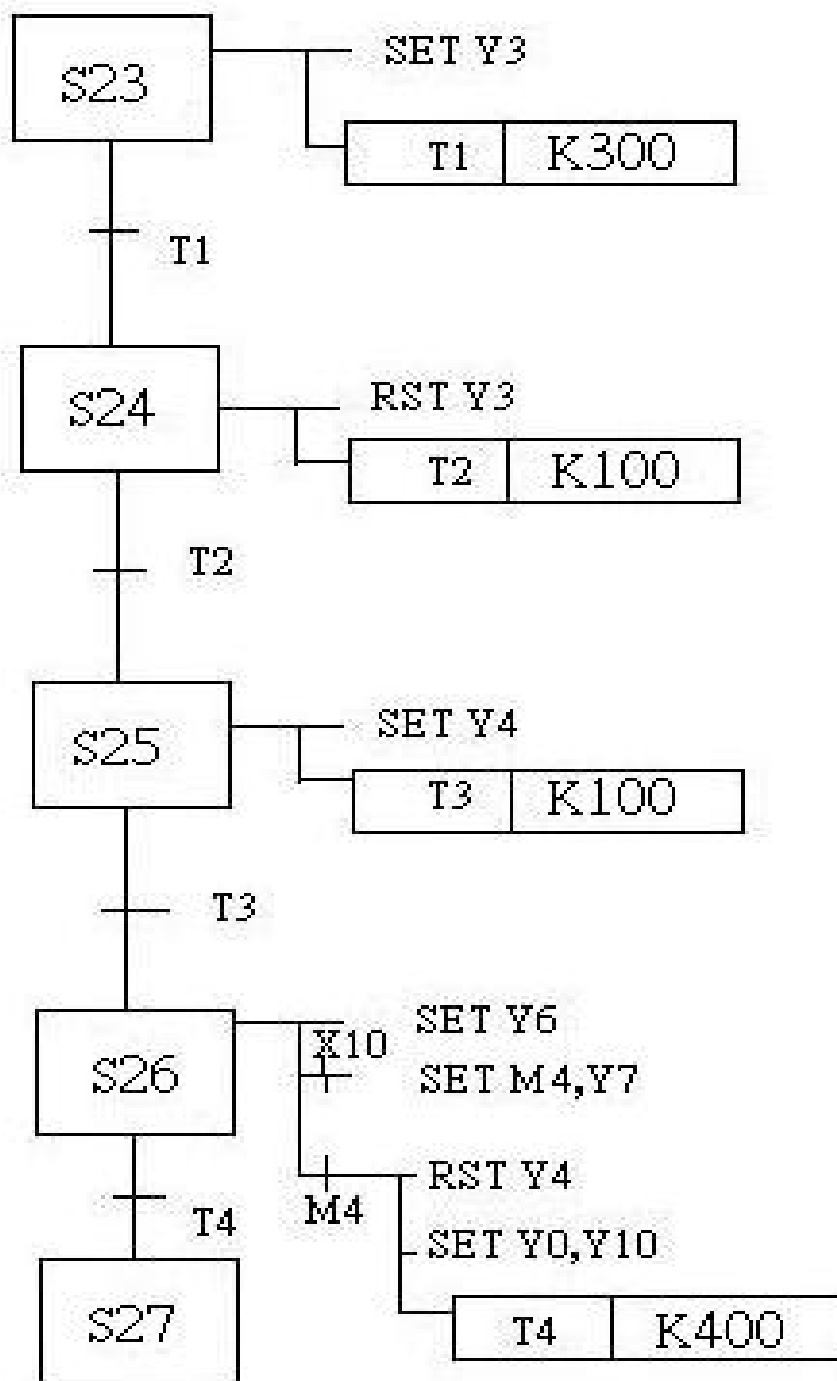


附錄 2 圖 4 PLC 步進圖

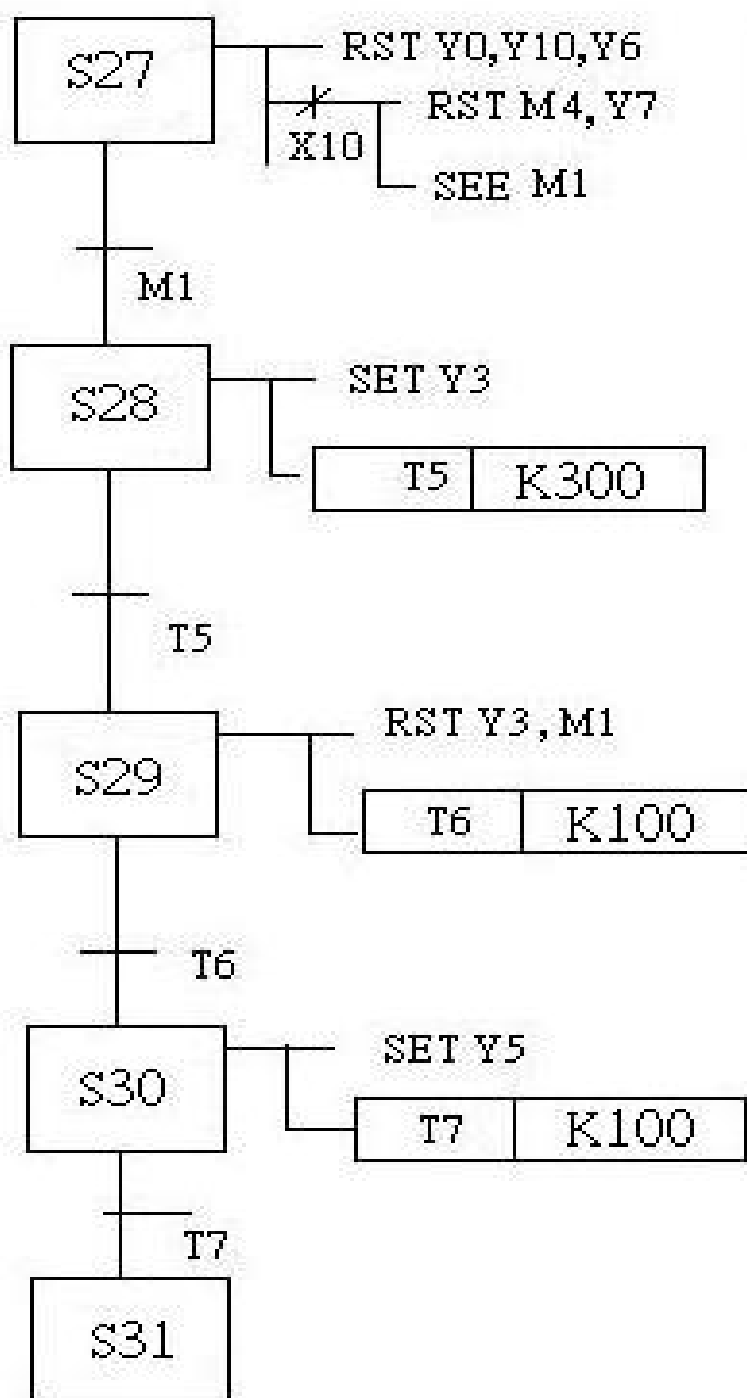


附錄 2 圖 5 PLC 步進圖

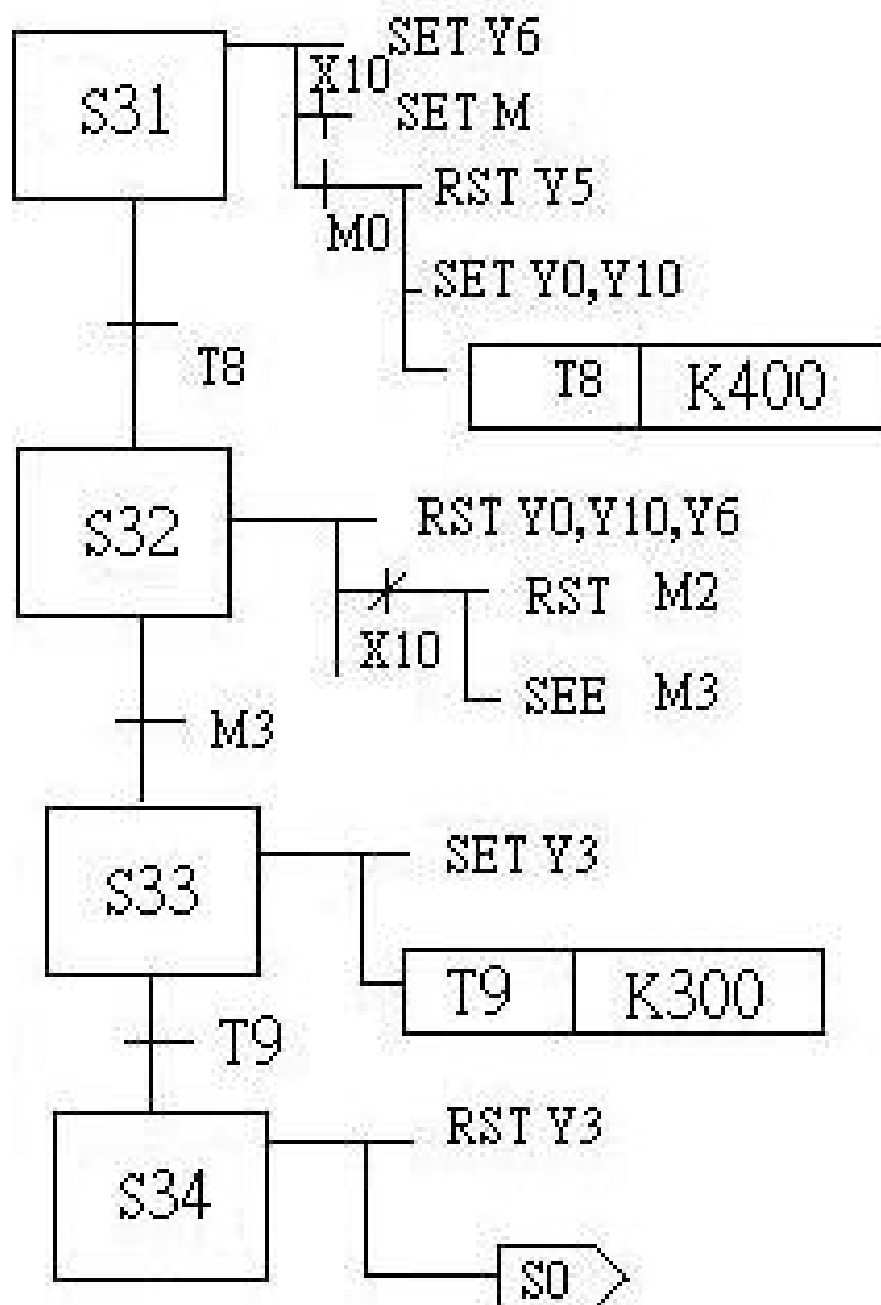
### 附錄 3. PLC 階梯圖



附錄 3 圖 1 PLC 階梯圖



附錄 3 圖 2 PLC 階梯圖



附錄 3 圖 3 PLC 階梯圖

## 附錄 4. PLC 程式碼

```
LD      M8002
OR      X02
OR      X00
OR      M0
SET     S0
STL     S0
ZRST    Y0      Y11
ZRST    M1      M20
SET     S20
SET     S51
STL     S20
OUT     M0
LD      M0
SET     S21
STL     S21
LDI     X0
SRT     S22
LD      S0
SET     S41
```



STL	S51	
LD	S2	
ZRST	S20	S60
ZRST	Y0	Y11
SET	S0	
STL	S22	
RST	S41	
LD	S1	
SET	S23	
STL	S22	
SET	Y3	
OUT	T1	K300
LD	T1	
SET	S24	
STL	S24	
RST	Y3	
OUT	T2	K100
LD	T2	
SET	S25	
STL	S25	

```
SET      Y4
OUT      T3      K100
LD       T3
SET      S26
STL      S26
SET      Y6
LD       S10
SET      M4
SET      Y7
LD       M4
RST      Y4
SET      Y0
SET      Y10
OUT      T4      K100
LD       T4
SET      S27
STL      S27
RST      Y0
RST      Y10
RST      Y6
```

```
LDI      S10
RST      M4
RST      Y7
SET      M1
LD       M1
SET      S28
STL      S28
SET      Y3
OUT      T5      K300
LD       T5
SET      S29
STL      S29
RST      Y3
RST      M1
OUT      T6      K100
LD       T6
SET      S30
STL      S30
SET      Y5
OUT      T7      K100
```

LD	T7
SET	S31
STL	S31
SET	Y6
LD	S10
SET	M2
SET	Y7
LD	M2
RST	Y5
SET	Y10
SET	Y0
OUT	T8 K400
LD	T8
SET	S32
STL	S32
RST	Y0
RST	Y10
RST	Y6
LDI	S10
RST	M2

RST	Y7
SET	M3
LD	M3
SET	S33
STL	S33
SET	Y3
OUT	T9 K300
LD	T9
SET	S34
STL	S34
RST	Y3
SET	S0
STL	S41
LD	M11
ANI	M12
ANI	M13
OUT	Y3
LDI	M11
AND	M12
ANI	M13

OUT	Y4
LDI	M11
ANI	M12
AND	M13
OUT	Y5
LD	M14
OUT	Y6
LD	M15
OUT	Y0
OUT	Y10
LD	M3
ALT	M11
LD	X4
ALT	M12
LD	X5
ALT	M13
LD	X6
ALT	M14
LD	X7
ALT	M15

RST

END



## 附錄 5. PLC 指令

LD	母線開始 a 接點
LDI	母線開始 b 接點
AND	串接 a 接點
ANI	串接 b 接點
OR	並接 a 接點
ORI	並接 b 接點
OUT	輸出指令
SET	自保持指令
RST	保持解除指令
STL	步進階梯圖開始
M8002	初始脈波
S0	步進點(程式初始用)
S10~S499	步進點(一般用)
X0~X17	輸入點數
Y0~Y17	輸出點數
M0~M499	內部輔助繼電器(一般用)
T0~T199	計時器(100ms)
ZRST	區域復歸
ALT	單 ON 雙 OFF



RET            步進階梯圖結束

END            程式結束，返回位址 0



## 參考文獻

- [1] 台灣自來水公司，"台灣省自來水各區處分佈圖"。
- [2] 張傳旺、吳宗憲，"自動超音波 RO 膜清洗系統之研究"，2012 數位與科技生活創新應用學術研討會，2012。
- [3] 許根源，"PLC 之淺論"，2012。
- [4] 張力群，"PLC 可程式順序控制電路"，全華科技圖書，2006。
- [5] 洪志育，"可程式控制器應用與實習"，新文京開發出版股份有限公司，2003。
- [6] 沈文智，"PC 通訊技術與實務"，波心資訊，1993。
- [7] 森田克美，"超音波洗淨"，近代編集社，1989。
- [8] H. Krupp，"Particle adhesion theory and experiment" *Advances in Colloid and Interface Sci*，Vol. 2，pp. 111-239，May 1967。
- [9] T. G. Leighton，"The Acoustic Bubble"，Harcourt Brace & Company，1994。
- [10] 林明雄、江明昆，"薄膜分離技術之一逆滲透法"，台電工程月刊，443 期，第 70-77 頁，1985。
- [11] 楊智其，"全球環境變遷與永續發展"，上課 PPT，2011。
- [12] 沈沛銓，"逆滲透淨水法"，技術與訓練 8 卷 10 期，第 68-73 頁，1985。
- [13] Greenvity 通訊公司，"整合 PLC 和 Zigbee 的 SoC 問世"，新聞稿，2012 年 8 月。