

應用可程式控制器及人機介面於精密栽培室 環控系統之研製

邱奕志¹、周立強¹、陳世銘²、葉佐堂¹

1. 國立宜蘭技術學院農業機械工程系
2. 國立台灣大學農業機械工程系

摘 要

本研究目的旨在利用可程式控制器進行精密栽培室環控系統之研製。控制系統以觸控式人機介面進行環境設定、設備操控及控制結果顯示等。本控制系統之設計以達到精密控制環境為目的，並可應用於嫁接苗癒合、藥用作物及種子發芽等環控場合。控制方法具有手動及自動控制等兩種。手動控制可以獨立操作各項設備，包括：冷氣機、加熱器、加濕器、內循環風扇、植物生長燈、換氣側窗、換氣風扇及室內燈等。自動控制方面，可依據設定條件來控制室內之溫度、濕度、風速、光照時間和換氣等。

本研究分別以溫度設定 17°C~19°C、25°C~27°C 和 30°C~32°C（代表低、中高溫區），相對濕度設定 80%~90% 為控制目標，進行環控試驗。結果顯示：控制系統在三個溫控區皆可將室內之溫濕度精準地控制在目標範圍內。

關鍵詞：環境控制、可程式控制器、觸控式人機介面。

DEVELOPMENT OF AN ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEM FOR A PRECISE-CULTURE-CHAMBER USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER AND HUMAN-MACHINE INTERFACE

Yi-Chich Chiu¹ Li-John Joe¹ Suming Chen² Tzuoo-Tarng Yeh¹

1. Department of Agricultural Machinery Engineering, National Ilan Institute of Technology.

2. Department of Agricultural Machinery Engineering, National Taiwan University.

Abstract

The objective of this study is to develop an environmental control system for a precise culture chamber. For the control system, a programmable logic controller was used to process the logic control and a human-machine interface was used to develop the operator interface. The system could be used in an accurate environmental control situation for plants nursing, such as grafted seedlings, seed germination and herb plants.

The control system has both automatic and manual control options. Where system is set at manual control, all of equipment in the chamber, including the air conditioner, humidifier, heater, artificial lighter, ventilation, and circulating fans can be operated manually. As for the automatic control, temperature, humidity, wind speed, lighting, and ventilation in the chamber can be properly controlled according to the pre-set conditions.

In this study, three temperature-control target regions, 17°C~19°C, 25°C~27°C, and 30°C~32°C, respectively for the low, medium and high temperature regions, were chosen to test the performance of the system while the humidity was set at 80%~90%. The results show that the inner environment of the chamber could be precisely controlled for all three cases, and the expected goal could be achieved satisfactorily.

Keywords: Environmental control, Programmable logic controller, Human-machine interface.

一、前言

應用環境控制來生產高經濟作物，藉以獲得穩定且高品質的產品為目前的發展趨勢。諸如溫室栽培，即以人為方式來控制溫室內之微氣候，以解除過去因外在天候影響所不能生產作物之限制。溫室雖可以達到控制室內之環境，但仍受外界天候影響甚大，諸如輻射及外溫會藉由熱傳及對流現象來改變室內溫度。若欲達精密之微氣候控制，尚且困難。而一般商品化之植物生長箱，雖可以創造所欲之溫度及日照環境。但因系統與外界隔絕，若欲進行換氣，尚無法達成，生長箱內之風速亦無法進行調節控制。且植物生長箱之環境完全藉由機械設備來控制，操作成本較高。因此目前植物生長箱大多提供小樣本的實驗用，對於一些商業化栽培作業需要精密之微氣候控制，諸如嫁接苗後癒合環境、種子或種球發芽室、對天然氣候不易栽培之高經濟作物，以及一些珍貴藥材之栽培等，目前市面上這些精密生長裝置相當少，且價格昂貴。

可程式邏輯控制器 (Programmable Logic Controller, 簡稱 PLC) 具有程式編輯簡易、安裝與維修方便、可靠度高、體積小、擴充彈性大等優點，目前已廣泛的應用在各產業中[1]。一般而言，當控制系統使用繼電器超過 10 個及計時器超過 2 個以上時，使用 PLC 較為經濟[2]。

人機介面(Human Machine Interface, HMI)是一種智慧型的圖形顯示幕，其中觸控式螢幕 (Touch Screen)輸入之人機介面具備線上即時提示相關資訊，可以大為減少操作者所需之記憶，將蔚為工業級人機介面的主流[3]。人機介面是專為 PLC 之應用而設計的小型工作站，它可以取代 PLC 大部分的外部輸入及輸出元件，諸如按鈕開關、一般開關、指撥開關、數字功能鍵、計時器、計數器、指示燈、儀表、七段顯示器等。因此使用人機介面可以省卻傳統的人工配線所需之材料及工時，此外亦可做文字、數字、警報、萬年曆及圖形顯示。人機介面螢幕可清楚讓操作者知道機械狀態，並控制機械動作，跳脫了傳統面板的控制，使機械操作更加自動化、人性化，故目前人機介面的應用已日趨廣泛。

本研究係以 Chiu et al.[4] 所發展之蔬菜嫁接苗癒合養生裝置 (以下簡稱環控室) 做為控制對象。該系統採用採用傳統繼電盤進行控制線路配接[5]，欲修改控制策略時，整個繼電盤需重新配接，相當不便。且配線有誤時，對於經驗不足之設計者而言，除錯查線工作相當不易。因此本研究之目的乃利用可程式控制器配合人機介面進行環控系統之研製，設計之環控系統朝向操作容易、控制策略修改便利、控制範圍較廣、較精準之方向進行。環控室內可以控制溫度、濕度、風量、光照時間及換氣量等，且具有外氣調節功能，當外氣環境符合設定，可藉由換氣來調節室內之環境，以節省能源。控制方法具有手動及自動控制等兩種。

二、材料與方法

(一) 環控室

環控室外部尺寸為 352×180×210cm，如圖 1 所示。環控室採用 5cm 厚之冷藏庫板組合而

成，因此與外界之熱傳現象不明顯。降溫則採用冷氣機組來進行降溫。加濕設備考慮水分顆粒大小，使用超音波加濕器(京華 KT-400)來進行加濕。

環控室內之循環風路如圖 2 所示，室內的頂部利用壓克力板形成一高 20 公分、寬 170 公分的風路，無論是冷氣、濕氣，都需經由所設計的風路流動。在環控室的左側裝置三排，每排 5 個 4 英吋小風扇來達成微風速之內循環。在環控室的兩側開有一 15×30cm 的換氣側窗，利用汽車電動窗機構來帶動換氣側窗開閉，藉以調節環控室內的二氧化碳濃度。光照採用旭光牌(FL-40SBR/38)40w 直管式植物生長燈裝設於栽培台面上方，讓台車每層都有光源。

(二) 控制系統之設計

控制系統分成手動和自動控制。由切換開關選擇，使兩套系統分別作動，互不相關。手動控制方面，可以獨立操作環控室之各項作動設備，分別為：冷氣機、冷氣機內風扇、加熱器、加濕器、內循環風扇、植物生長燈、換氣側窗、換氣側窗風扇、室內燈等。自動控制方面，在一般作業下以自動控制的方式動作，由時間設定和溫濕度感測器來控制，並根據植物在何種條件下生長環境最佳，來設定環控室的環境。

溫度控制可分為降溫和加熱兩部份，為避免降溫及加熱設備動作互相干擾，兩者設備動作之溫度區域需有所區隔。例如環控室內之溫度設定為 27.5 ~29.5，則降溫可從 29.5 開始，至 28 止；加熱可從 27.5 開始，至 29 止。濕度則只考慮加濕動作。控制系統也考慮利用外氣來調節室內之溫濕度，當外氣環境合乎設定時，換氣側窗打開，進行換氣，利用外氣來提供合適環境供作物生長，如此可節省設備動作所需之電力能源。在光照控制上，可設定生長燈開啟和關閉時間。另外考慮環控室內的二氧化碳濃度，以定時換氣來調節室內之二氧化碳濃度。設計之環控系統動作流程圖如圖 3 所示，分成自動和手動控制兩分支。自動控制需設定：環控室內之溫、濕度、外氣調節條件、定時換氣時間和光照時間等 5 項。

1. 控制系統

使用三菱 FX 2-64MR 可程式控制器，該 PLC 每個指令僅需 0.48 μ s 之運算時間，內藏 2K 程式容量，最大可擴充至 8K，I/O 點數可擴充至 256 點，可搭配使用多種特殊模組等特性。各部繼電器之工作區分為：輸入接點 (X) 共 32 點、輸出接點 (Y) 共 32 點，可說是一個功能相當強大的可程式控制器。

環控室內外各有一組溫度(PT-100)及濕度感測器(HTS-8001)來偵測環境值，感測器之訊號須搭配類比訊號輸入模組(FX-4A/D)，方可將訊號送至 PLC 之主機暫存器。FX-4A/D 類比輸入模組可接受 4 組的類比輸入信號，將之轉換成 12 位元數位訊號，再利用光耦合器以隔絕方式將數位訊號送至 PLC 暫存器。經程式運算後，將溫濕度值顯示於觸控螢幕上。使用之 A/D 模組可接受外部類比電壓(-10V~+10V)或電流(-20mA~+20mA 或 4mA~20mA)訊號，而本研究採用之溫度感測器 PT-100，尚需設計工作電路進行訊號處理，因此採用 ÜBERREICHT DURCH 公司製之訊號轉換器(型號:82000)，將輸出訊號轉換成 4~20mA。濕度感測器採用 INS

公司製之 HTS-8001,其輸出訊號為 4~20mA,因此可直接將訊號送至 FX-4A/D 類比輸入模組
圖 4 為其輸入訊號接線圖。

可程式控制器之程式編輯語言主要有階梯圖和功能方塊圖等兩種,本研究主要採用階梯圖編輯軟體進行程式設計,再透過 RS-232 介面將程式寫入 PLC 內。整個控制系統共使用了 17 個輔助繼電器(M)、27 個暫存器(D)以及 9 個輸出接點(Y),每個元件的接點功能如表 1 所示。而這些接點必須和人機介面的各元件記憶位址一樣,才可以使可程式控制器和人機介面進行通訊,操控上才不會有問題。暫存器(D)的數值可由人機介面的鍵盤直接輸入,表 1 中 D200~D226 為停電保持用暫存器,數值不會因系統斷電而流失。

設計之階梯圖控制程式可分成四個部份:第一為萬年曆卡匣時間設定(圖 5);第二為 A/D 訊號轉換和手動控制(圖 6);第三為自動控制,分成降溫、加熱、加濕、光照時間、外氣條件比較和定時換氣等(圖 7);第四為設備輸出控制(圖 8)。

在光照時間和定時換氣控制上,需要配合萬年曆的使用,方不致因斷電,而使系統控制時序錯亂。採用之 FX 2-64MR 可程式控制器並無內建萬年曆功能,因此以外插萬年曆卡匣來達成目的。萬年曆卡匣可記錄年、月、日及時間,由主機內部之電池供電,不會因 PLC 停電而流失日期等設定資料。萬年曆卡匣主要利用 M67 輔助繼電器將正確的時間和日期,包括:秒、分、時、日、月、年、星期等,分別寫入 PLC 特殊暫存器 D8013~D8019 內,如圖 5 所示。

圖 6 所示之 A/D 訊號轉換階梯圖中,M8002 為初始脈波接點,進行啟動。H1111 代表有 4 個頻道(Channel)的類比輸入訊號,1 代表為電流訊號。4 個頻道的資料分別放置於 D101 至 D104。本研究之室內溫度值放置在 D101 暫存器、室內濕度值放置在 D102、室外溫度值為 D103 以及室外濕度值為 D104 暫存器。圖 6 中,M1 為手動控制繼電器,當手/自動開關切換至手動控制時,M1 導通,可以手控獨立使 M3-M8 等繼電器導通,來控制各項設備之作動。

當手/自動開關切換至自動控制時,M2 導通,進行自動控制模式。使用邏輯比較指令 CMP 來控制降溫及加濕設備,如圖 7 之 [CMP D101 D200 M10] 指令。當室內溫度感測器 D101 值大於溫度上限設定值 D200 時,M10 接點被導通,驅動冷氣機運轉,且有自保功能,直到室內溫度降至溫度下限設定值 D201 時,冷氣機停止運轉。

光照時間和換氣作動時間為一區域條件,必須介於上下限值內才作動,因此使用 ZCP 的區域比較指令,驅動植物生長燈作動。例如光照時間從早上 6 時至下午 18 時止。區域比較指令為 [ZCP D210 D211 D8015 M50],亦即當現在時間 D8015 不介於 D210 和 D211 之間,則 M50 導通。若現在時間 D8015 介於 D210 和 D211 之間,M51 被導通,驅動植物生長燈作動。

2. 人機介面設計

使用 SHARP ZM-70T 觸控螢幕進行操控之人機介面規劃,該人機介面可和不同廠牌之可程式控制器進行通訊[6]。觸控螢幕為 LCD 的液晶顯示,具有 16 色,600 x600 的解析度,尺寸為 300 x300mm。主要功能有:輸入設定、訊號顯示、試驗數據顯示、統計繪圖、程式邏

輯設計等。

本研究採用 ZM70W 畫面編輯軟體進行觸控式人機介面之設計。該軟體內建一些常用的開關、指示燈、數值顯示字元、輸入鍵盤等元件，亦可自行設計所須要的元件，並利用編寫程式達到自己所要的功能。每一個元件都必需指定記憶位址，以便與 PLC 進行通訊。設計之人機介面操作畫面樹狀圖如圖 9 所示。共有 25 頁畫面，每個畫面都相互連結，只須依版面指示來操作即可，相當便利。

在環境設定畫面中，可利用隱藏式鍵盤來設定各項環控條件，亦可在此畫面看到環控室內、外之溫濕度顯示。在操控畫面中，可以操控各項選擇開關，畫面中設計有各項設備之作動指示燈，便於操作者觀察各項設備之作動情形。在溫濕度曲線顯示畫面中，可以觀察環控室內、外之溫濕度變化曲線圖，並可做量測數據的儲存。

圖 10 所示為設計完成之一些代表性操控畫面。使用觸控螢幕不僅可減少控制元件的使用，亦可在畫面上規劃一些操作方法及參數設定建議資料，以及採用設備之廠商及維修資料。這些資料對於未來系統的操作及維護，將較傳統的控制系統設計便利許多。本研究亦使用系統警報功能，當設定的環境條件有所偏離時，人機介面之蜂鳴器會發出警報聲音，來提醒控制系統有異常現象。另外，人機介觸控螢幕亦有螢幕保護功能，在一段時間未使用時，就會關閉螢幕，啟動省電功能。

3. 控制線路

控制箱面板須挖一 10 x15cm 的長方凹槽，來放置觸控螢幕。控制箱內部則需放置表 2 所示之各項元件，每個元件皆由鋁軌固定，以便利更換。選用之控制箱尺寸為 65 x50 x30cm。圖 11 為環控室控制系統主線路圖、圖 12 為冷氣機內部控制之線路圖、圖 13 為換氣側窗控制線路圖、圖 14 為 PLC 輸出接點之配線圖、圖 15 為完成之控制箱內部配置圖。

(三) 試驗方法

階梯圖程式撰寫完成後，利用 RS-232 傳輸至 PLC 主機；而人機介面操作畫面設計完成後，選擇控制之 PLC 型式及連線速度後，將資料傳送至觸控螢幕主機，再進行 PLC 與觸控螢幕連線。連線後，啟動觸控螢幕，以手動控制實際操作畫面上各項按鈕，藉此觀察指示燈及各項設備之作動是否正常。經反覆測試修改後，各項設備操控正常。

在自動控制試驗方面，利用溫濕度感測器配合資料蒐集擷取記錄器(CAMPBELL, CR-10X)[7]，來記錄環控室內之溫濕度變化，藉此觀察環控室內之環境可否控制在目標範圍內。試驗時每 30 秒量測一次，每 2 分鐘平均後記錄。再以 Microsoft Excel 繪出溫、濕度變化曲線圖，來觀察環控室內的溫、濕度是否在控制範圍之內。

為確保系統能精確控制環境，本研究針對低溫(17-19)、中溫(25 ~27)及高溫(30 ~32)三種溫度設定進行控制試驗，相對濕度設定為 80~90%，光照時間早上 6 時至下午 18 時止，每小時定時換氣 5 分鐘。試驗時間為 24hr，記錄環控室內外之溫濕度變化情形。

另外，本控制系統具有外氣調節功能，因此針對該功能亦進行試驗。由於試驗時正值夏季，平均外氣溫較高。為了驗證控制系統之外氣調節可正常作動，因此將室內之溫度設定在高溫區域，利用晚上氣溫較低，進行外氣調節。設定室內溫度為 30 ~32 ，相對濕度 80%~90%，光照時間從晚上 6 時至早上 6 時止。每小時定時換氣 10 分鐘。外氣調節條件設定為溫度 18 ~28 、濕度 60%~90%。

三、結果與討論

(一) 低溫區控制結果

試驗時間為 1999 年 11 月 2 日晚上 10：00 至隔天晚上 10：00 止，共 24 小時。110V 用電為 9.11 度；220V 為 7.2 度，圖 16 為環控室內外之溫濕度變化曲線。從圖中可觀察出環控室內之溫度變化介於 17 ~19 間，平均值為 17.89 ，標準差為 0.43，溫度最大值為 18.64 ，最小值為 17.01 。而濕度平均值為 86.2%，標準差為 4.19。因此在此溫區中，環控室內之溫濕度不受外界環境變化影響，可被控制在設定範圍內，證明系統運作正常。

(二) 中溫區控制結果

試驗時間為 1999 年 10 月 31 日下午 18：00 至隔天下午 18：00 止，共 24 小時。110V 用電為 9.25 度；220V 為 4.96 度，圖 17 為其溫濕度變化曲線。從圖中可觀察出環控室內之溫度變化介於 25 ~27 間，平均溫度為 26.29 ，標準差為 0.51，溫度最大值為 27.17 ，最小值為 25.11 。室內濕度平均值為 86.1%，標準差為 3.70，濕度變化大都介於 80%~90%內。因此在該溫區內，環控室內之溫濕度亦可被控制在設定目標範圍內。

(三) 高溫區控制結果

試驗時間為 1999 年 11 月 04 日下午 1：00 至隔天下午 1：00 止，共 24 小時。110V 用電為 11.22 度；220V 為 3.34 度，圖 18 為環控室控制在高溫下之內外溫濕度變化曲線。從圖中可觀察出環控室內之溫度變化介於 30 ~32 間，溫度平均值為 31.13 ，標準差為 0.57，最大值為 32.42 ，最小值為 29.36 。室內濕度平均值為 82.79%，標準差為 3.79，濕度變化大都在 80%~90%內。因此控制系統在高溫區亦可將室內之溫濕度控制在設定範圍內，證明本控制系統不管在低中高溫區皆可運作正常。

(四) 外氣調節試驗結果

試驗日期為 1999 年 7 月 12 日下午 19:00 到隔天早上 7:00 止，共 12 小時。試驗結果之溫濕度曲線如圖 19 所示。從圖中可觀察出：在 23:10 以前，由於外氣溫度在 28 以上，外氣調節不作用，環控室內之降溫作用全靠冷氣機運轉來達成。由於冷氣機具降溫除濕作用，使室內溫度、濕度變動產生鋸齒狀。在 23:10 之後，外氣條件符合設定範圍，因此控制系統採以外氣調節來代替冷氣機進行降溫作業。從圖中亦可看出：外氣調節時，環控室內之溫度變化較趨和緩，室內之溫度也可維持在 30 ~32 。相對濕度則因外氣濕度較設定值低，因此加濕器在外氣調節時，亦會作動來維持室內之相對濕度在設定範圍內。因此從這個試驗中

可得知，控制系統之外氣調節可以減少冷氣機作動時間，達到省能源之目的。

四、結 論

應用環境控制來生產高經濟作物，藉以獲得穩定且高品質的作物，乃目前的發展趨勢。本研究已成功地利用可程式控制器配合人機介面發展出精密環境栽培室之環控系統。控制試驗結果顯示：環控室內之溫濕度變化，皆在設定之控制範圍內，各設備動作正常，證明此環控系統的設計符合要求。發展之控制器具操作便利、控制策略修改容易、控制範圍較廣且較精準之特點。

使用可程式控制器搭配人機介面進行控制器之研製，所需之硬體成本較繼電器控制及可程式控制等二種高，但使用之控制元件最少、配線較簡單、操作較便利易懂且修改控制策略非常的有彈性，亦可線上提供使用資訊。因為未來可程式控制器配合人機介面的使用，將會廣泛應用於各產業上，因此本研究所研發之控制器未來可朝向模組化的發展，而應用於各方面的農業生產作業。

五、參考文獻

1. 宓哲民 (1997), 「可程式控制器發展趨勢」, 機械技術雜誌, 第 154 期, 第
2. 雙象公司 (1996), 三菱可程式控制器使用範例大全, 文笙書局, 台北。
3. 宓哲民 (1997), 「人機介面發展及其應用」, 電機月刊, 第 7 卷, 第 11 期, 第 271-275 頁。
4. Chiu Y. C., L. J. Jou, and S. Chen. (1999), "Design of an acclimatization chamber for grafted seedlings". ASAE Paper No.99-5014. St. Joseph, MI: ASAE.
5. 周立強、邱奕志、陳世銘 (1999), 「條件序控法應用在嫁接苗癒合養生裝置的環控技術」, 第十四屆全國技術及職業教育研討會, 農業類, 第 89-99 頁。
6. SHARP-ZM70 觸控式人機介面操作手冊 (1998), 台安電機股份有限公司, 台北。
7. CR-10X measurement and control system operator's manual, Utah: Campbell Scientific Inc.

表 1、PLC 各元件接點功能表

輔助繼電器 編號	功 能	暫存器 編號	數 值 內 容
M1	手動開關	D101	環控室內溫值
M2	自動開關	D102	環控室內濕值
M3	手動降溫開關	D103	環控室外溫值
M4	手動加熱開關	D104	環控室外濕值
M5	手動加濕開關	D200	環控室降溫設定上限值
M6	手動循環風扇開關	D201	環控室降溫設定下限值
M7	手動植物生長燈開關	D202	環控室加熱設定上限值
M8	手動換氣開關	D203	環控室加熱設定下限值
M10	自動降溫開關	D204	環控室加濕設定上限值
M22	自動加熱開關	D205	環控室加濕設定下限值
M32	自動加濕開關	D206	設定外氣調節溫度下限值
M41	自動溫度換氣開關	D207	設定外氣調節溫度上限值
M42	自動濕度換氣開關	D208	設定外氣調節濕度下限值
M51	自動植物生長燈開關	D209	設定外氣調節濕度上限值
M60	室內燈開關開關	D210	設定植物生長燈開下限值
M66	萬年曆卡匣設定	D211	設定植物生長燈開限值
M67	時間 ±30 秒校正	D212	換氣時間設定值
輸出接點	動 作 設 備	D213	換氣時間設定值
Y0	冷氣機	D214	自動換氣時間
Y1	冷氣機內循環風扇	D215	冷氣機內風扇延遲時間值
Y2	加熱器	D220(D8019)	星期
Y3	加濕器	D221(D8018)	西元年
Y4	循環風扇	D222(D8017)	月
Y5	植物生長燈	D223(D8016)	日
Y6	換氣側窗	D224(D8015)	時
Y7	換氣側窗風扇	D225(D8014)	分
Y10	室內燈	D226(D8013)	秒

表 2、環控室控制系統元件表

序號	控制元件	使用目的	廠牌	型號	數量
1	可程式控制器	系統控制器	三菱	FX2-64MR	1
2	類比信號模組	溫濕度類比訊號輸入	三菱	FX-4A/D	1
3	觸控螢幕	操控介面	SHARP	ZM-70T	1
4	無熔絲開關	開關、過負載保護	OBISHI		2
5	電磁接觸器	冷氣機電磁開關	OBISHI	S-C21	1
6	繼電器	訊號導通	OMRON	MK-2P	10
7	溫度轉換器	濾定溫度訊號	SERIES	R81000	2
8	調速器	循環風扇調速			3

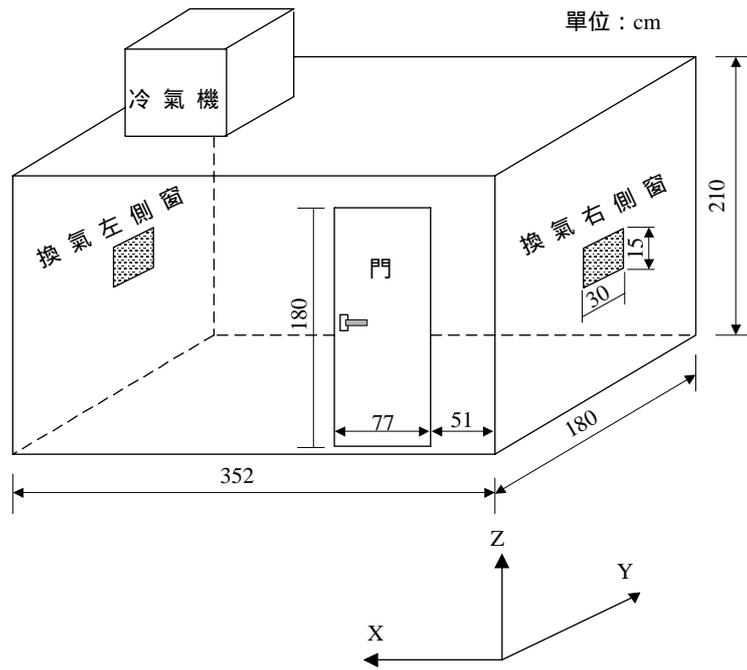


圖 1、環控室尺寸圖

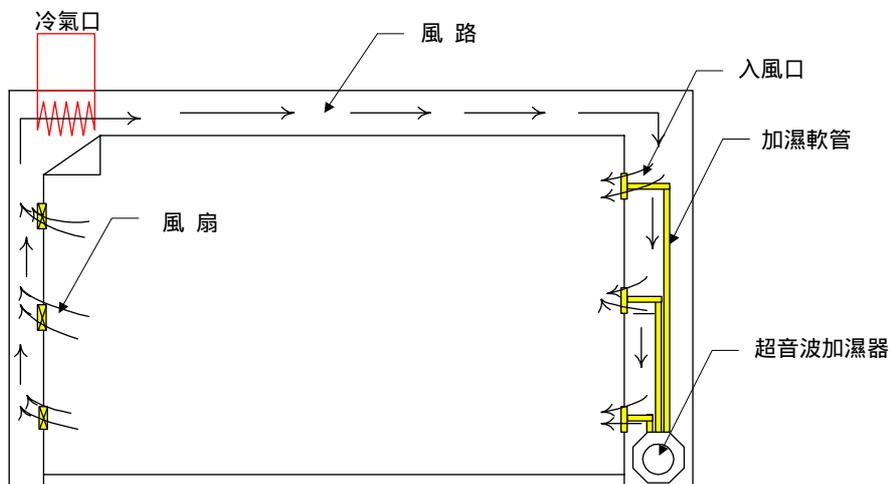


圖 2、環控室之內循環風路示意圖

控制系統動作流程圖

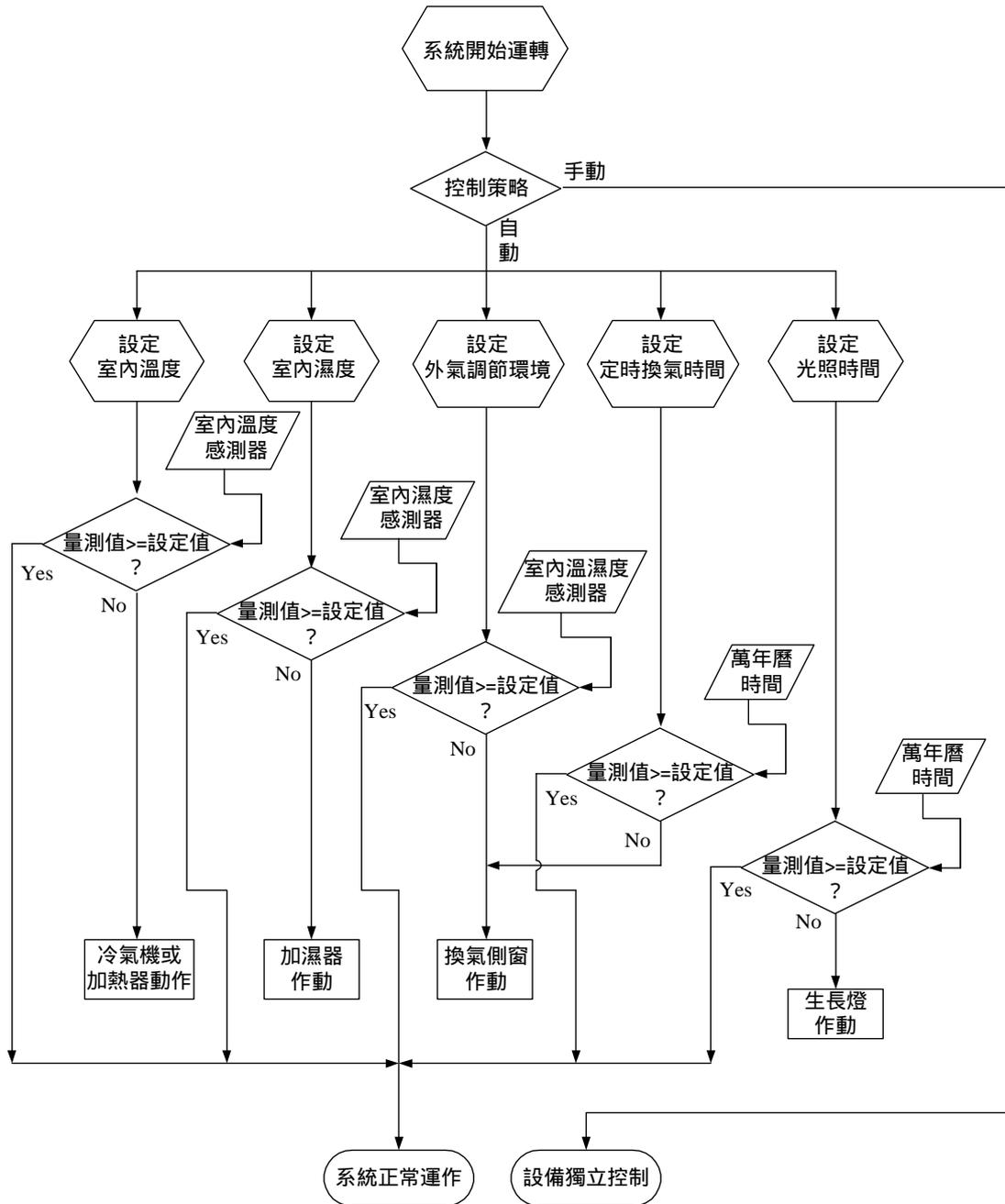


圖 3、控制系統動作流程圖

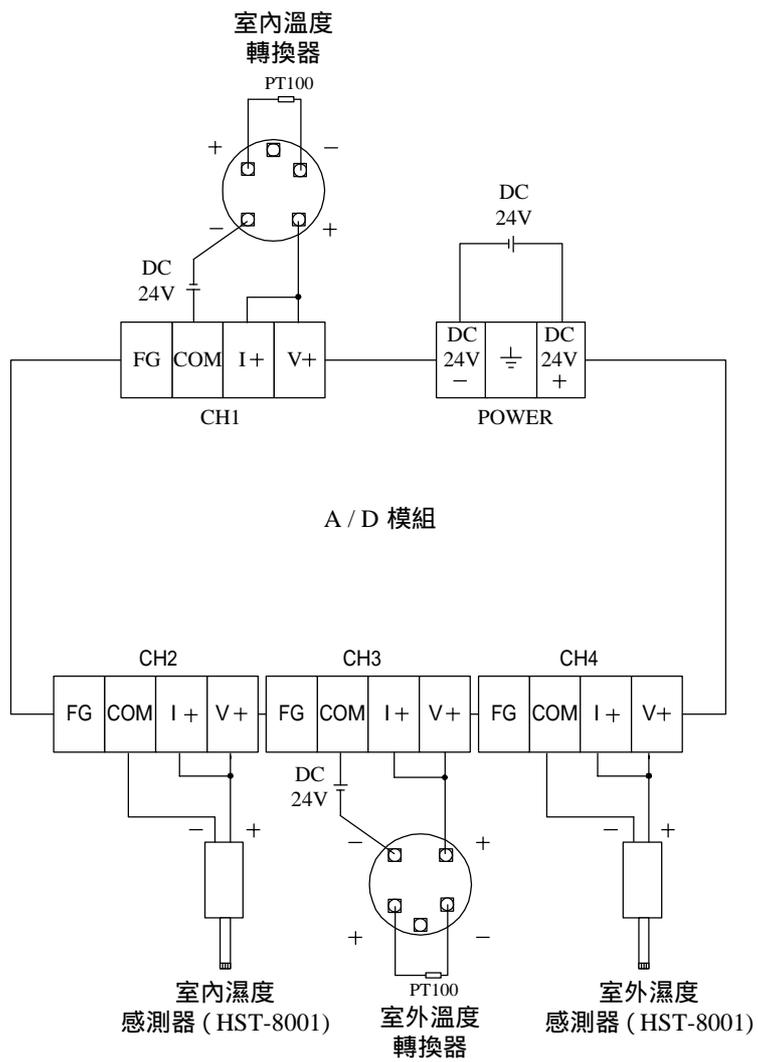


圖 4、FX-4A/D 類比輸入訊號配線圖

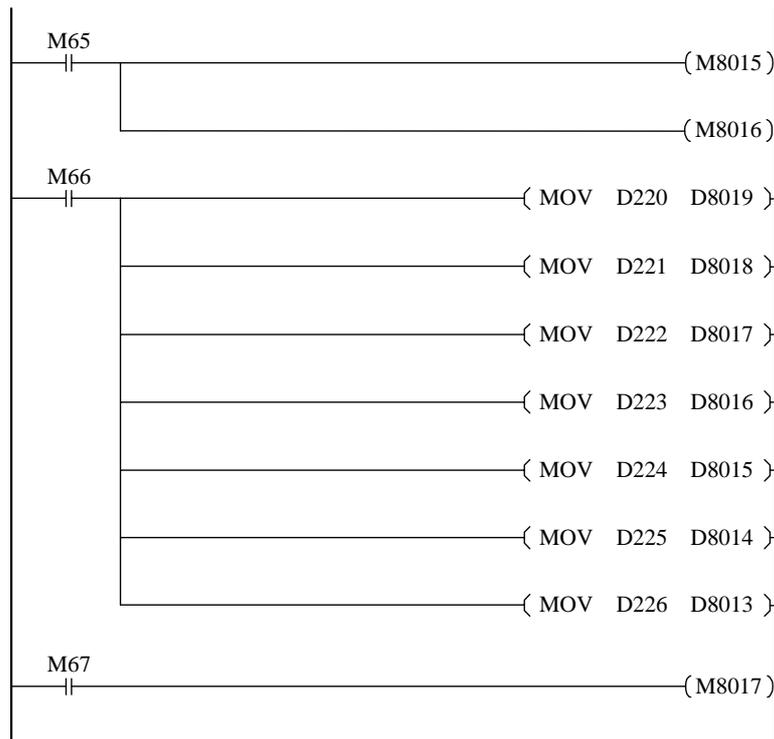


圖5、萬年曆時間設定階梯圖

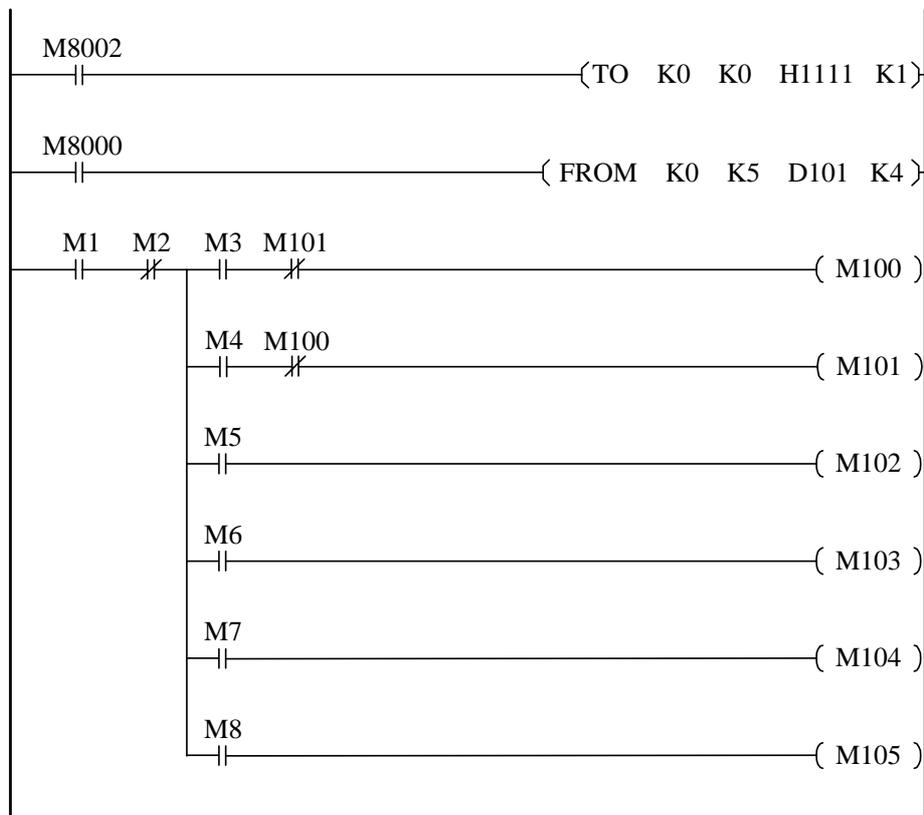


圖 6、A/D 訊號轉換和手動控制階梯圖

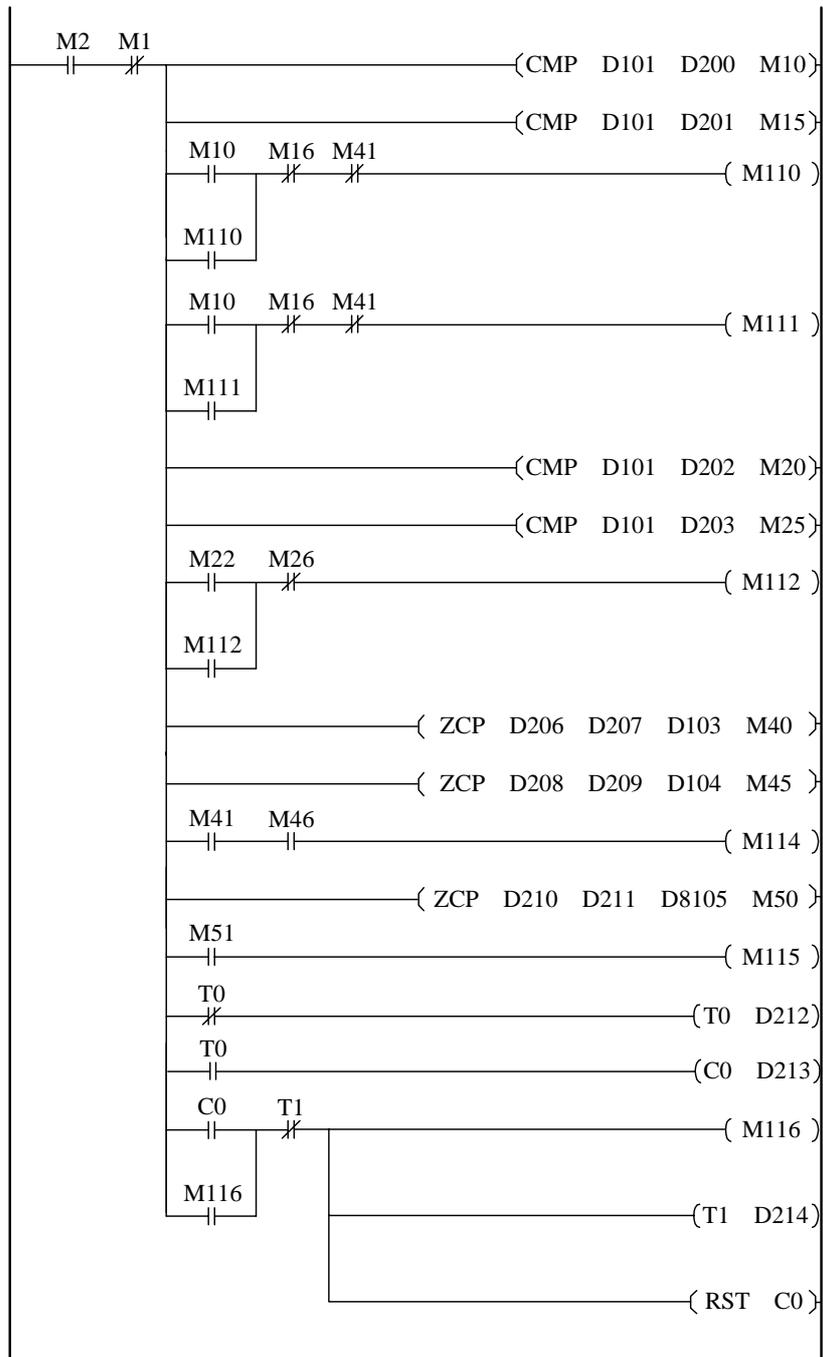


圖 7、自動控制階梯圖

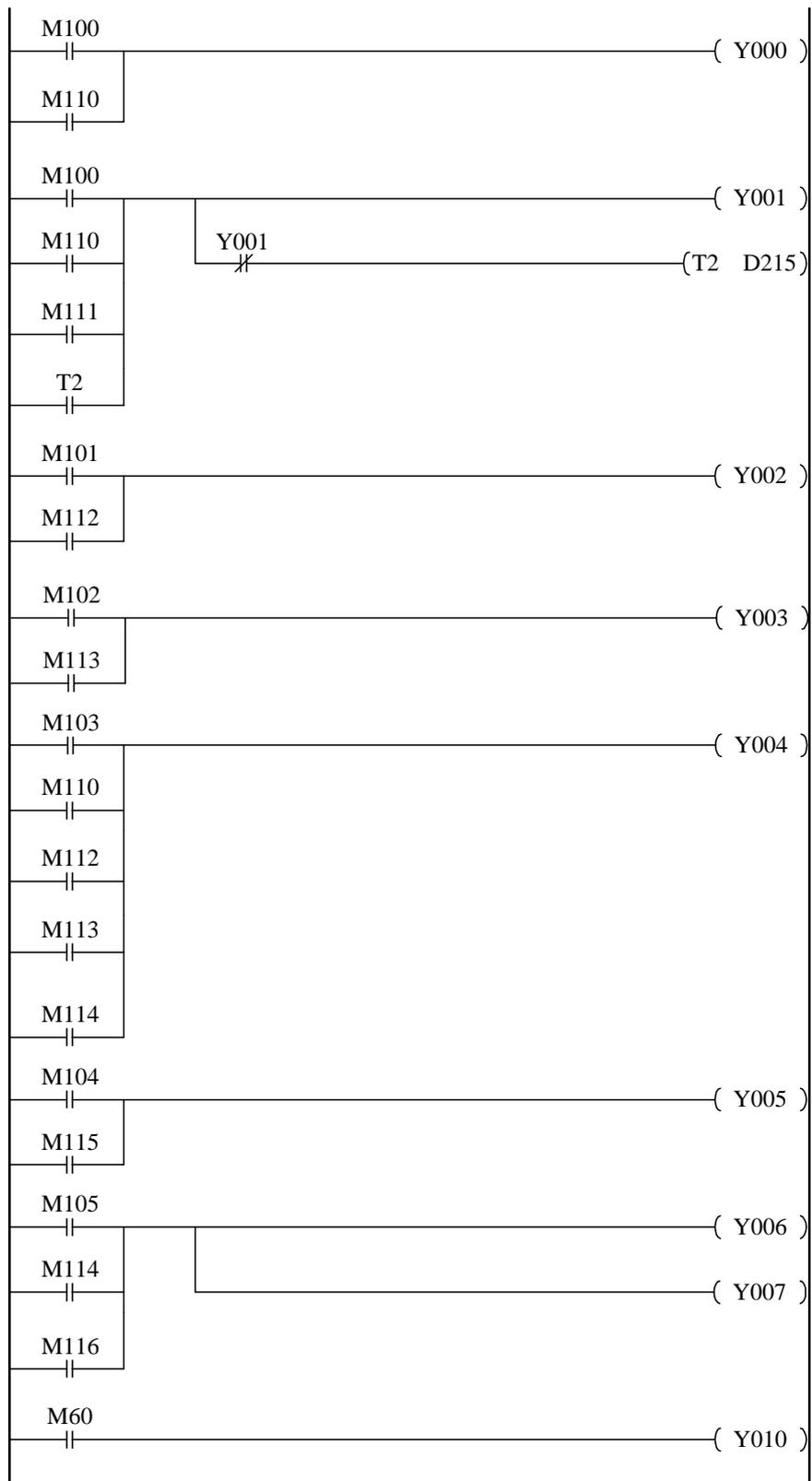


圖 8、訊號輸出階梯圖

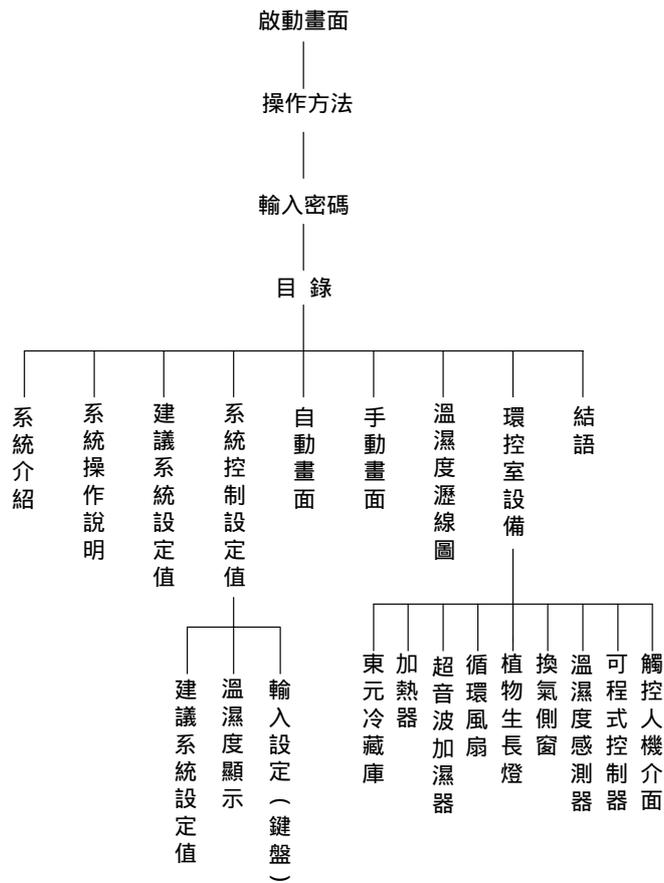


圖 9、人機介面操作畫面樹狀圖





圖 10、設計之人機介面畫面

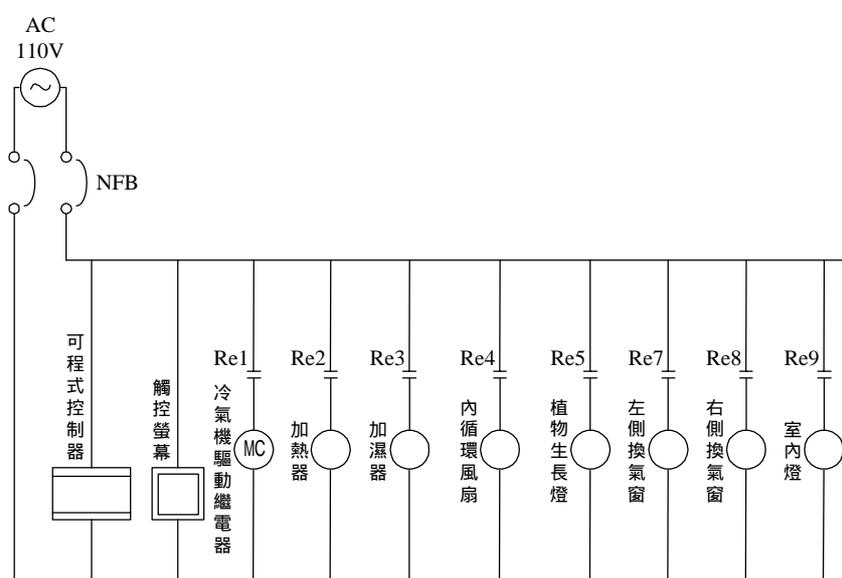


圖 11、環控室控制線路圖

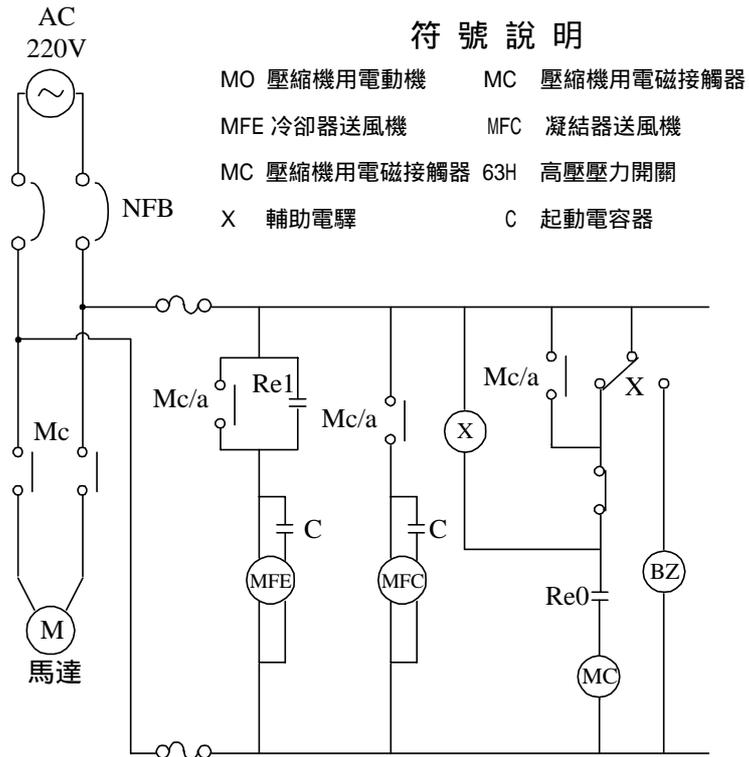


圖 12、冷氣內部之控制線路圖

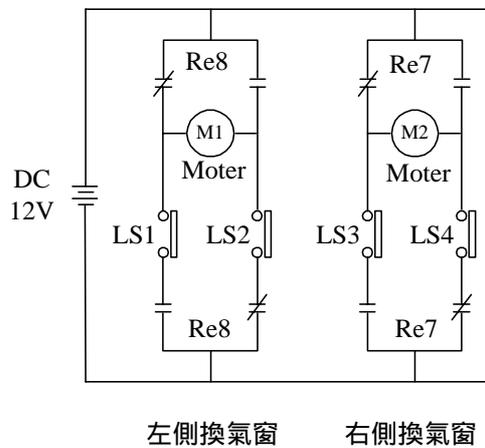


圖 13、換氣側窗控制線路圖

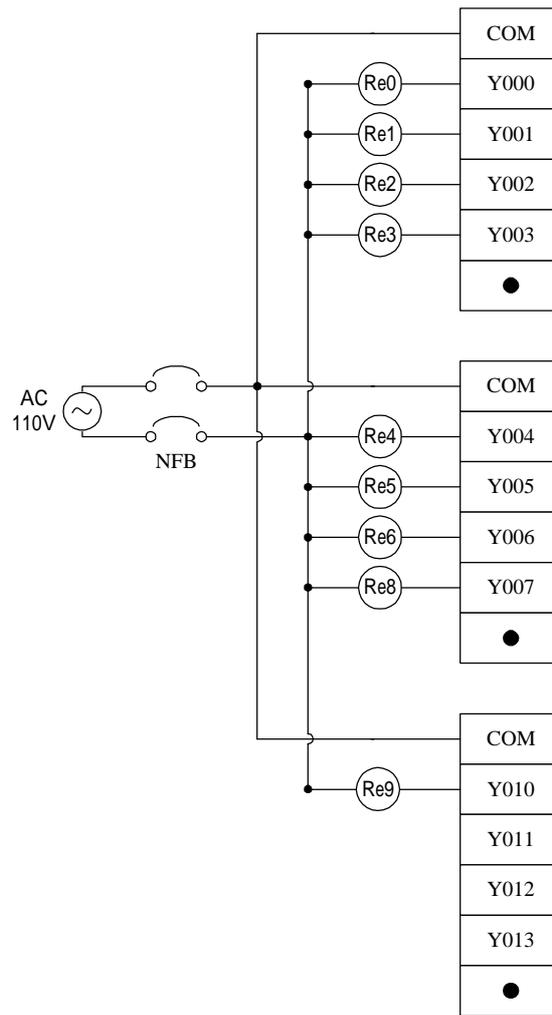


圖 14、PLC 輸出接點線路圖

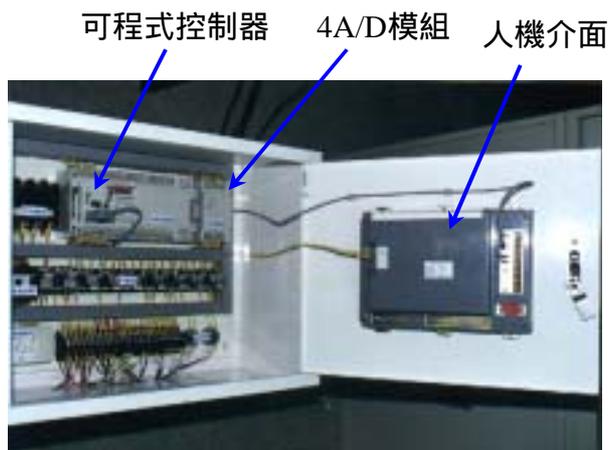
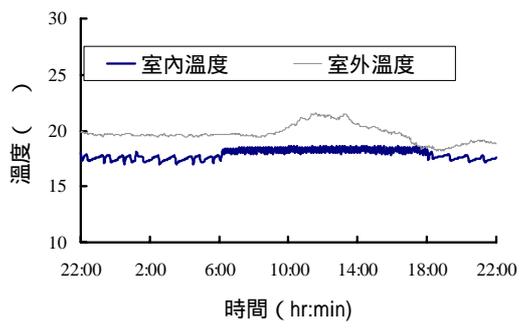
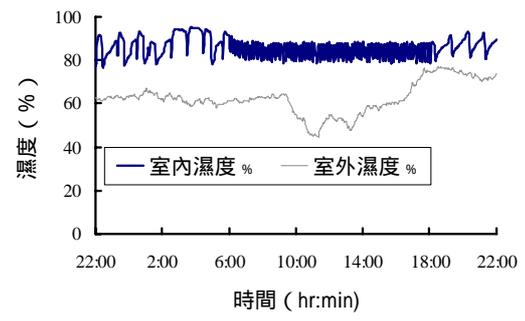


圖 15、完成之控制箱內部構造圖

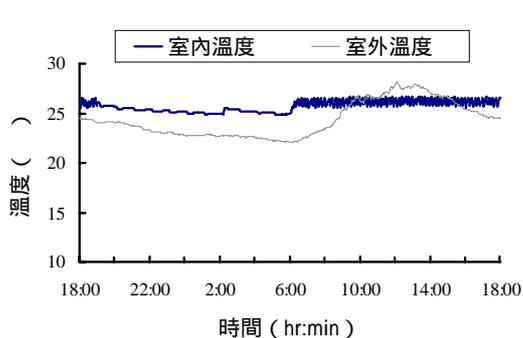


(a). 溫度變化曲線圖

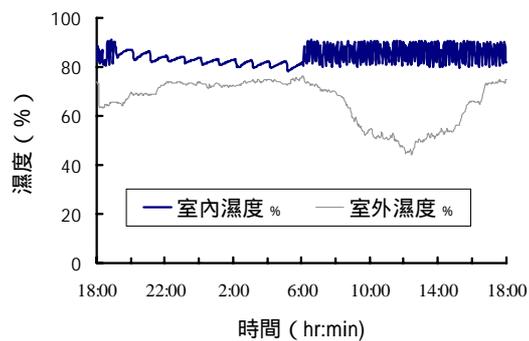


(b). 濕度變化曲線圖

圖 16、低溫區(17~19)環控試驗之溫濕度變化曲線圖

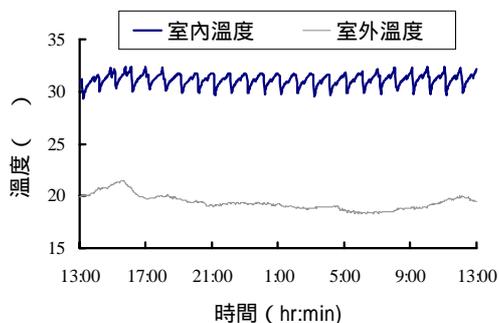


(a). 溫度變化曲線圖

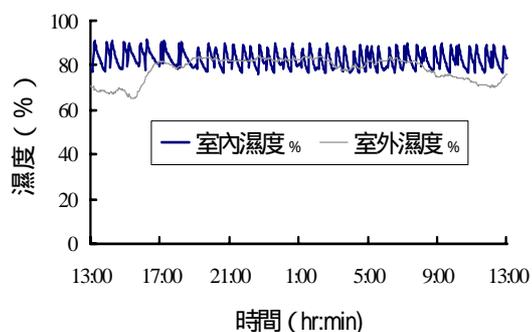


(b). 濕度變化曲線圖

圖 17、中溫區(25~27)環控試驗之溫濕度變化曲線圖

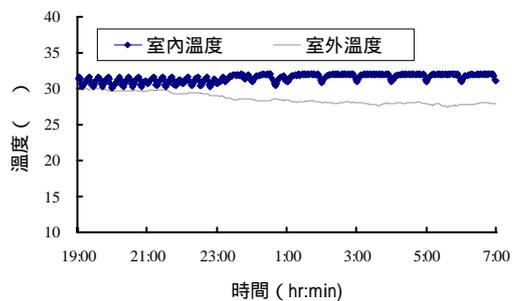


(a). 溫度變化曲線圖

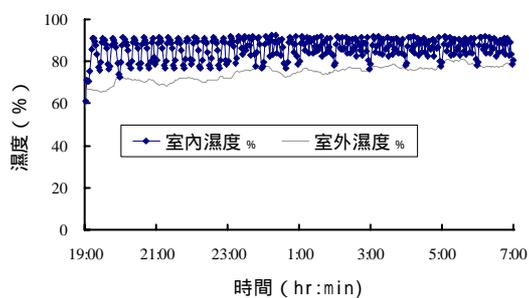


(b). 濕度變化曲線圖

圖 18、高溫區(30~32)環控試驗之溫濕度變化曲線圖



(a). 溫度變化曲線圖



(b). 濕度變化曲線圖

圖 19、外氣調節環控試驗之溫濕度變化曲線圖

