臺灣省農業試驗所專刊第40號

# 溫室環控自動感測技術研討會

# 專　　集



台灣省農業試驗所　　主辦
行政院農業委員會　　補助

中華民國八十一年十二月

# 溫室環控自動感測技術研討會

# 專　　集

民國八十一年九月七日至八日
於台灣省農業試驗所國際會議廳

陳　加　忠　主編

台灣省農業試驗所　　主辦
行政院農業委員會　　補助

中華民國八十一年十二月

# SYMPOSIUM ON
# THE ENVIRONMENT CONTROL AND SENSING TECHNOLOGY OF GREENHOUSE

Head at
Taiwan Agricultural Research Institute
Taichung, Taiwan
7 - 8 September, 1992

Finacially Supported by
Council of Agriculture, Executive Yuan

Published by
Taiwan Agricultural Research Institute

December, 1992

# 目　　錄

## 開　幕　典　禮


致開幕詞……林副廳長學正　I

致歡迎詞……范主任明仁　III


## 專　題　演　講


溫室環控與作物生產……李　哖　IV


### 第一節　國外溫室環控與感測技術介紹


荷蘭溫室之結構與環控設備……陳加忠　1

日本之設施栽培與環境控制……陳世銘　17


### 第二節　國內溫室環控與感測技術之開發


臺灣地區溫室內溫濕度之預測模式……王鼎盛　22

單元化精密溫室設計構想……郭幸榮、梁亞忠　75

園藝作物栽培環境控制系統之研發……黃東瑞、潘清樂、何逢偉、簡銘宏　85

溫室微氣候環控裝置與系統之應用……周立強、王鼎盛、李勝伍、方俊盛　89

液體除濕技術於農業溫室應用……顏文治　114


### 第三節　國內溫室環控設備之研製試驗


溫室電腦化控制系統之應用－環境控制……鄭榮瑞、盧子淵、賴建洲　131

塑膠布溫室環控系統之開發……陳加忠、林瑞松、陳志昇、曹之祖　135

## 第四節　環境控制與感測技術

環境控制相關系統介紹……溫光溥　155
環境感測相關系統介紹……葉陶淵　172
溫室決策支援資訊系統之介紹……方　煒　231
ＧＥＮＥＳＩＳ監控系統之介紹……吳世偉　244
稻穀加工廠控制與感測技術之介紹……周瑞仁　246

## 第五節　綜合座談

綜合討論……　264
研討會參加名單……　275

# 林副廳長學正致開幕詞

各位專家學者，各位女士先生，首先我代表農林廳歡迎各位來參加此「溫室環控自動感測研討會」，孫廳長目前在美參加會議，無法參加此會議，今天十分榮幸能代表農林廳歡迎各位參加此研討會。

台灣四十年來，經濟突飛猛進，外國人稱爲台灣經濟奇蹟，但是奇蹟與經驗是如何產生？自台灣光復後20年，台灣農業十分進步，以農業培植工商業，造成工商業有足夠力量發揮，40年後才有今日之成績，而我們農業40年來是如何？光復後第一個十年由不足至自給自足，然後可輸出產品如稻米、甘蔗、香蕉、鳳梨等，__由糧食增產至出口替代，在十年內完成。第二個十年，農業十分進步，除了生產增加，在質方面也有改變，利用加工產品外銷，產質亦增加，如洋菇、蘆筍__等。第三個十年，農業開始走下坡，原一、二級產業在第三、四個十年，質方面並未增加，量反而下降，原因是工商業已成長，而農業進步遲緩，農業對國家總產值比重一直下降，以60年代而言，農業已在工商業之後。因此民國65年開始，政府採取糧食價購制度，農業開始有好的表現，但每四年降一個百分點。因此到了八十年，農委會提出農業調整方案，口號是”農業零成長”，但零成長不代表悲觀，零成長是好不是壞，爲了賺錢，量產必須轉到質的成長，由品質改進，以生產高價的東西，這即是質的成長。方案中表示今後農業不只是生產性農業，而是生活與生態性農業，爲國民生活的農業，也是方案中所提及要提高國民之生活素養。在此情況下，省政府也提出配合方案。因此可以瞭解現在農業政策是注重質的成長，注重與國民生活結合在一起。從產業結構來看，二十一世紀主要產業有三方面，一個是資訊，另一個是材料，第三個是生物科技。在不到十年之間，二十一世紀馬上來臨，農業應該發展的是否往這方面？今天研討會主題都包括此三個基礎的綜合題，所以今

天開此研討會是適合時代需要，呼應世界潮流，走在時代尖端。在國家科技會議裡面，農業自動化也列爲專題列管計畫，大家都非常瞭解農工商各產業都極力推動自動化。要自動化，要有感測，要有控制，所以此研討會也配合政府的政策，順塵二十一世紀需要。適時的召開，以提醒各位此主題的重要，在此主辦單位也盡了很大的心力。

對節目表的內容，我有三點感想，就教各位：

第一個感想先進的科技不像以前可單打獨鬥，是整體之研究，不光是環境之感測，控制就可以使農業提昇，先進的技術要用在那一個作物，花如火鶴花，或蘭花，生長的條件都不一樣，作物不同，而研究結果要適合作物，主題還是產業。雖然機器設備是一個很大產業，農業主題還是作物，要以整體研究，團隊合作，要有作物人員配合環境感測控制研究人員。

第二個感想是今後研究要朝本土化技術研究，雖然此主題在國外有相當大的進步，如何將他移植過來，工業界可直接移植，農業無法直接移植。國內的溫、濕度都與國外不同，荷蘭的溫室要許多改良才能適應。所以研究時應該以開發本土之溫室技術爲是最終目標。目前農業層次不像荷蘭大規模栽培，我們小農結構尚未成爲大農，小農資金，創新技術，管理能力都不夠，這也是農業二十年沒有進步之地方，只有企業化後才可繼續的成長，所以在本土化技術也畏結合小農變成中農，大農方式之方式開發。

第三個感想是人才培育與課程更新，先近的科技要從學校的課程加以配合，有課程即要有人才。希望大家共同努力在很短時間內可以培養人才。

今天的研討會內容相當豐富，希望大家經由此研討會，可對主題有更深入之瞭解，希望這個新興的產業，也是農業升級的重要技術，透過學者，專家，政府官員之研討，能擬出一個有效率之方向，加速農業渡過此轉型期，最後祝各位身體健康，萬事如意，謝謝！

# 范 主 任 致 詞

副廳長，李技正，各位女士，先生：

杜所長因公赴美會議，臨行前交代小弟代表向各位致意。今天本所舉辦的溫室環境控制自動化研討會，其主題的背景及如何加强方才林副廳長已經給我們作了非常深入的闡述。

各位大概記得上星期報載李總統有關農業政策之三升改三化方面的指引，其中的農業生產自動化就以農業環境控制自動化爲目標，所以今天我們的討論主題是配合施政政策爲目的。另外近期一連兩次的颱風入侵對農業生產所造成的沖激，讓我們了解在農業生產上實在需要做些人爲的環境來加以保護，也就是爲著農作物的生產能夠不受天候的影響確保其產量及品質，興建溫至是有其必要性。

大家都知道本省處於高溫多溫的亞熱帶氣候地區，溫室所處的環境跟國外的條件不太相似，所以溫室的興建需要加以研究，尤其溫室內的微氣候及各種自動感測器的發展益顯格外重要。國內多年以來在此方面已有許多單位加以研究，因溫室型式與控制目標的不同而開發各種不同的環境控制與感測技術。爲了能落實溫室生產技術本土化之需求，並整合與推廣此方面的技術，此次由本所舉辦國內第一次溫室環控自動感測技術研討會，希望能以學術成果發表之方式使研究成果能夠交流。並邀請各研究機構研究人員，縣市政府與相關農會人員，溫室廠商，業者共同參予討論，使此項技術能夠擴大推廣、應用。因本所場地之限制，無法邀請更多的農業先進前來參加，深感抱歉，預祝大家能藉此研討會相互交換心得，使溫室環控自動感測技術之發展更加完善。

最後敬祝大會圓滿成功！

# 溫室環控與作物生產

李　咢

國立台灣大學園藝系教授

溫室溫室環控，即以溫室工程，創造一人工環境，以利作物生長，提高單位面積產量及品質，並依市場需求而生產，受季節的影響很少，是營利產業，不是供參觀的樣板或模式。本文以栽培生理觀點，控討環境因子，栽培介質，灌溉施肥方法對溫室作物幼苗生長，生長與發育及產量之影響，供農業工程人員從事機械化，自動化溫室環控及省工工程程究之參考。

一、溫度：溫帶地區秋冬春之外氣溫太低，不適作物生育，溫室70～85%能源用於加溫。台灣周年氣溫溫和，然夏天及冬天氣溫對一些溫室作物而言，均非落在最適生育溫度範圍，在夏季需防豪雨條件下，溫室內的高溫，將成園藝與農業工程人員的重要研究課題。

園藝作物之最適溫度，依種類及品種而不同，從文廚上可規納較成五大共同原則：(1)一般作物喜日夜溫之變化，晴天日溫約較夜溫高5～8℃，陰天則約高 3℃，但一些原生於熱帶地區，如多數觀葉植物，則日夜相同下生長最好；百合、聖誕紅、菊花等作物，在日夜溫同溫下，具有矮化株型效果。(2)最適溫常依季節及地區而異，即受總日射量多少的左右。(3)最適溫常依株齡而異，一般而言，刪發芽的小苗喜較高溫度，隨株齡增加，最適溫漸降。(4)最適溫度依生長階段而不同，如扦插發根、發芽、花蕾創始、開花、結果和結球等均有其最適溫度。(5)最

適溫度也依栽培目的而不同，如前期的種苗生產和後期的成品，其最適溫度亦有異。

二、光線：溫帶冬天之溫室作物，在加溫的情形下，光線成爲生長的限制因子，多數作物的產量與光量變化相平行。大部分作物人工照明所增加的產量不合經濟原則，唯有幼小種苗生產，人工照明才具經濟效益。當光度是全日射量(full sunlight) 的1/10～2/10時，作物對光的利用率可達20%，全日射量時其利用率祇有4～6%，大部份的日光能(70～90%)都用於水分的蒸發。一般溫室作物在管理上不會缺水，則作物的需水量是與日射量相平行。當根部的吸水趕不上水分蒸散時，葉與氣孔關閉，葉溫上升，植物呈萎凋狀況，故盛夏强光下，作物需遮蔭或或噴霧於其上，方能維持作物之水分平衡。

三、養分和栽培介質：爲有效控制養水分及土壤病蟲害，傳統的土耕，漸被無土栽培所取代；以利作物快速生長，品質一致及便於機械化，自動化之省工栽培管理。爲增加肥效，減少水溶液造成環境污染及經濟用水，盆栽作物的養水分供給法，亦漸採瞬間淹灌排水法(Ebb and Flow Irrigation)。二氧化碳亦是作物之養分，當加溫溫室氣閉性高，換氣達最少狀況時，增加二氧化碳濃度可提高產量與品質，在西歐已達經濟效益，在台灣若溫室氣密性不夠，又需通氣，則不需考慮增加二氧化碳問題。

四、作物系統與經營策略：視市場、資本、技術做有系充有效率的分析後，決定作物生產種類及品種，生產季節及生產方式，然後溫室工程人員協助其達到環控及栽培管理，採收運銷等省工策略，故未來需採單一作物專精生產方式，方有所成，並以實例介紹之。

# 荷蘭溫室之結構與環控設備

陳 加 忠
台灣省農業試驗所農工系

爲發展適用國內環境之溫室，國內數年前即開始自荷蘭引進其精密環控溫室，並做爲模仿學習的對象。然而荷蘭溫室之基本結構，主要應用之兩型溫室與環控所用之電腦均缺乏詳細之介紹資料。近年來，引進之溫室與以此爲模仿對象之國內產品逐漸增加，其性能卻未能完全合乎使用者要求，在環控技術方面，對於荷蘭環控電腦之指揮程序亦未能瞭解而加以學習。本文之目的在於對荷蘭溫室之主要構造與環控電腦加以系統性介紹。以促使本土化之適用溫室與環控技術早日實用化。

## 一、溫室型式與結構

荷蘭的玻璃溫室主要有兩型：Venlo型(又稱Dutch型)與Wide Span型，近年來依Wide -Span之主体有許多新改良型。塑膠布溫室其面積僅占總面積1%左右，但研究界已著手建立規格化之塑膠布溫室，並訂定國家標準。

### ㈠Venlo型

此型溫室之標準寬度爲3.2m，高約3.4m, 其結構如圖一，其天窗並未連成一体。爲避免室內支柱對日照之影響，並增加作業空間，也有將3.2公尺之屋頂以兩個或三個連成一棟成爲6.4或9.6m寬度。此種連結方法更可減少排水槽所需之數目，

以降低成本。

標準之覆蓋材料爲單層玻璃，厚度爲4mm，以1.5m寬之跨距提高光量，光線穿透率約90%，近年來亦逐漸採用雙層玻璃或其他代替品。

結構方面主架構爲熱處理後的鍍鋅鋼材，屋頂與山型側牆係利用鋁製品以減輕重量。周牆以鋼筋混凝土爲地基，內部之角柱主要爲預鑄品。

樑架以鋁材爲主，在安全負重範圍內儘量變窄以減少遮蔭，並在樑上打洞使光線穿過，由光線之折射作用使用地面無蔭影存在。

由於作物生產者與技術開發之工程師共同確定以0.8m爲標準作物行距，所有溫室作業系統如傳送(transport)，移植均以0.8m之倍數爲工作單位。

㈡Wide Span型

此型溫室其寬度自8m至16m,大多數溫室之跨距爲12.8m,通常棟高6.4m，側壁高3 .6m，其結構如圖二，其通風天窗爲連續式，利用弧形軌條使天窗開啓可增大天窗空間，其覆蓋材料與結構同於Venlo type。在溫室中間，樑架(truss) 用鋁製管以承擔重量。其剖面圖如圖三所示。玻璃可橫架上面，並利用橡皮墊以固定和絕熱底下之凹槽用以收集凝結水加以排出，中間之圍繞空氣用以做爲熱漲冷縮時之緩衝空間之用。

㈢Wide-Span改良型

對於 Wide-Span型溫室近年來有許多改良，在結構方面兩側改成斜面，以減少風阻力且增加結構强度並可節省要蓋所需材料。覆蓋物方面，開始利用雙層壓克力板(依漢諾威大學之研究結果)也有利用薄膜覆蓋(Coated glass)以增加陽光透射

量，而可節20%之能源需求。

### ㈣不同溫室之比較

由於結構設計和材料強度的不斷進步，荷蘭的溫室愈蓋愈大，愈蓋愈高，使作物之生長空間的環控條件愈好。荷蘭溫室之高度變化由表 1 可知。兩者溫室之結構強度均必須合乎荷蘭國家標準，其抗雪壓強度爲 250N/m²，抗風壓強度爲400N/m²，內部結構負重強度爲100N/m²。

**表 1　　荷蘭溫室棟高之變化**

| 年代 | 棟高(m) |
|---|---|
| 1970 | 2.2 |
| 1980 | 3.0 |
| 1982 | 3.2 |
| 1984 | 3.5 |
| 1988 | 4.2 |
| 1990 | 5.0 |

Venlo型與Wide Span型在自然通風無機械設備作用之比較如下：

⑴在容積方面，Wide-Span型之體積多了 33%，因此Wide-Span有更大的植物生長空間，溫室內之種植密度可增加。

⑵在屋頂通面積方面，Venlo 型之通風開啓面積最大爲21%的地面面積，Wide-Span 型通常爲25%，最大可爲相當30%之地面面積。愈大的通風面積對降溫效果愈好。

⑶由於Wide-Span比Venlo型有更大的容積，其在外界環境變化時，反應速率較緩和，內部之環境穩定性更好。

⑷在興建成本方面，Wide-Span型之單位成本(元/m²)高於

Venlo型約20～40%，但因其需要較少的排水管和中間支柱，因此可降低部份結構成本。此外在Wid e-Span溫室內每單位面積可種更多作物，增加收入。

(5)以應用的作物對象而言，Venlo 型適用於一般之作物如切花、蕃茄、胡瓜……等。Wide-Span型適用於育種作業，種苗生產，盆花……等。

(6)以興建溫室之地域氣候而言，在外界氣候變化迅速，激烈之地區適用Wide-Span型，對大陸型氣候穩定地區適用Venlo型。

(7)金字塔型溫室可減少受强風度，但也減少了屋頂通風面積，對於降溫需求時期長的地區並不適用。

## 二、溫室之環境控制設備

由於其年平均溫度低，冬天日照强和時間少，荷蘭溫室之主要環境需求在於加溫，增加人工燈光與補充$CO_2$。在進行環境控制作業時,利用感測器以量測溫室內溫度、濕度、$CO_2$濃度、熱水管溫度。溫室外溫度、風向、風速、日照量、下雨訊號……等因子，所有資料經介面由電腦處理，經電腦軟体整理，判斷之後發出控制訊號以指揮各種環控設備。環控設備主要爲不同角度天窗的開啓和熱水管(或熱風裝置)之啓用。在加溫方面，主要利用溫室效應以提高溫度，在日照强度不足時以加熱方式提高溫度。其他環控如人工燈源與$CO_2$之施用均以 ON/OFF 作業方式進行。

由於微電腦設備其硬体價格不斷降低，而且以微電腦之控制精密度遠超越傳統的類比控制(表二)目前微電腦控制已成爲主要之應用技術。

表二　不同環控性能之比較

| 控制項目 | 微電腦控制 | 類比控制 |
|---|---|---|
| 溫　　度 | ± 1℃ | ± 4℃ |
| 相對濕度 | ± 3% | ±20% |
| 需 水 量 | ± 5% | ±20% |

控制用軟体則由專業公司研究發展以提供給溫室建設公司使用。主要的軟体公司有三家大公司PRIVA, HOOGEN DOORN, BRINKNAN占有80%之市場，其餘2小公司(VAN VLIET, I NDAL)約有20%之市場。

三家大型軟体公司有兩家提供外銷市場。 PRIVA之產品(本省台糖溫室所用系統)之特色爲依不同作物生長需要(如蕃茄、小胡瓜、切花、種苗…等) 提供不同的軟体。另一家HOOGEN DOORN之產品(台大園藝系溫室所用系統)則包含多種作應用軟体，其售價比PRIVA高約30%。

由於節省能源已成爲環控時注意的目標，荷蘭利用環控之目的自溫室所有環境之控制轉爲作物成長最需部位之環控。例如利用可昇降之熱水管配合蕃茄，菊花之成長以對生長部位加溫，在育苗場利用活動式隧道方式保溫。另一種節省能源之方式在於以溫室生產業者投資地區電力供應廠，而以發電之廢熱作爲溫室加溫之用，$CO_2$亦用天然氣之燃燒廢氣以供應。亦利用汽電共裝置以貯備能源。

由於微電腦之使用量增大，"園藝用電腦"已具有一定之市場，此型電腦之特色在於不具有軟碟機。其作業程式以 ROM晶体長駐於電腦中，並有記憶空間以收集數據，可依需要自印表機印出。使用者以簡單之鍵盤設定其作業條件，此已商品化爲易學易懂之工具。

由於國內使用之荷蘭環控電腦主要以PRIVA公司爲主，以下之環控設備介紹之主要內容即以此公司 CD 750 型環控電腦爲描述對象。

**㈠主要構造**

PRIVA 環控電腦之外部結構爲桌型裝置，螢幕，鍵盤與列表機放置於桌上，在桌子中間有一金屬抽屜用以放置中央控制器電路板。此種中央控制器可稱爲此種設備之腦部，其積體線圈與記憶晶片包含控制程式，能夠儲存使用者的設定條件，更新與儲存溫室內外的資料，處理資料與送出控制訊號。其它記憶晶體用以將儲存資料加以報導與圖示。此種環控電腦之特色在於不需要軟碟或硬碟設備，其控制軟體已放置於記憶晶片之內。

其它之設備包括訊號輸入輸出之介面板，有備用電池以提供斷電時所需動力。

**㈡周邊設備**

環控電腦之螢幕如同一般電腦,但有特定之省能源裝置，在鍵盤未被使用數分鐘之後，螢幕即自動關掉，按下”ENTER”鍵即可重新啓動。

鍵盤爲特製品，用以提供使用者鍵入設定值之用，因此僅包含 0 至 9 之數字鍵，小數點鍵與 5 個功能鍵。功能鍵有 1.設定鍵(Set)。 2.量測值鍵(Measure)。 3.負號鍵。 4.修正鍵(Correction)。 5.輸入用鍵。

列表機通常爲點距陣型(dot-matrix)。

**㈢感測器**

環控電腦所利用之感測器對室外環境的量測包括：溫度，日照量，風速，風向，雪量，雨量。溫室內之量測包括空氣溫

度，空氣濕度，熱水管溫度，土壤溫度，天窗開啓位置，二氧化碳濃度，EC與PH值。

### ㈣啓動器(Actuators)

利用電腦以驅動控制設備之主要動作有兩種：ON/OFF 動作控制馬達和開閉閥門。通常其驅動爲 24 VAC 線路，而灌溉用閥則爲 24 VDC。對需要回復作業(Reversing Swith)的通風窗，遮蔭網等則需要應用額外的 24 VAC 訊號。對鍋爐，冷凍機，水邦浦，蒸氣閥等設備需要添加繼電器。

連接感測器，啓動器至電腦之導線其規格通常爲 0.8 $mm^2$。

### ㈤電腦硬體(Hardware)

電腦硬體包括微處理機(CPU)，用以執行計算，控制之用，以 CD 750 爲例，其控制器包括16位元的中央處理器(Central Processor，TMS 9995)，16位元的I/O處理器( TMS，995)，八位元螢幕處理器(TMS 3556)，RAM之記憶體最大爲192K，PROM最大記憶體爲640K。

在輸入輸出方面最多可使用768點，控制用輸出爲 24 VAC 或 24 VDC，輸出電流最大爲1.0安培。同時作業不得超過 8個輸出點，1.6安培。

警報裝置之輸出有三種：⑴電腦自身警報器(Watch dog)，⑵量測警報，⑶施肥灌溉警報裝置。

數位輸入部份利用 12 位元 A/D 轉換器。其電路結構如圖五。

### ㈥電腦軟體

PRIVA 之電腦軟體採用黑箱方式，爲其公司研究成果，軟體燒錄於晶片之中，用以擔任所用控制作業之”智力”部份，相當於所有環控系統之頭腦部份。此亦爲環控技術之精華所在。

PRIVA 公司對外發表之資料皆未說明此控制判段軟體之結構與邏輯程序，而各環控作業之影響因子介紹如下：

1.通風扇：由設定溫度以控制通風扇數段開啓階段之作業階段。

2.內循環用風扇：由溫室內部相對濕度與簾幕之位置以決定是否開啓。

3.天窗，側窗之開啓角度：由向風或背風風向以決定通風扇之主要開啓方向，對於開啓角度之調整，決定因子爲風速，風向，光强度，溫室內外的溫度差。

4.遮蔭控制：由外界大氣溫度與光强度所決定，相對濕度和風速亦爲考慮因子。

5.水牆 (Pad and Fan) 控制：開閉之設定條件有：(1)內部溫度。(2)溫室內外溫度之差距。(3)設定時間。(4)已作用之風扇數目。

### ㈦系統作業方式

環控電腦之作業方式依其動作次序描述如下：

1.接受指令

使用者依簡單之程序可鍵入所需要的溫室內部條件(例如溫度) 和設定作業時間，亦可設定其它控制程序。電腦接受指令後即將資料儲放於檔案中。

2.量測與報導

電腦自感測器收集之資料加以處理，因此使電腦確認溫室之現況與變化速率，並可依指令在螢幕上顯示與在列表機上印出。

3.比較與計算

電腦利用軟體程式計算要達到使用者設定之要求時所需之動作，並不斷比較量測值與設定值。若兩種數值之差異已

達顯著值，電腦即開始指揮執行環控動作。

4.控制作業

在需要執行環控作業時，電腦送出動作訊號至馬達，幫浦等設備。

㈧環控方式與設備

1.溫度控制

可用以執行溫度控制之設備包括空氣加熱器，蒸氣系統，熱水管系統，天窗與側窗系統，排氣風扇，內部循環風扇，水牆(Pad and Fan)，噴霧系統等。

對於溫度之設定可依日夜之不同而分段設定，亦可依白日日照量的累積量以改變夜間設定之溫度。

利用熱風加熱時，加熱器可分段加以執行，對於熱水管加熱系統，可設定最大與最小之熱水溫度。

利用水牆系統時，PRIVA 電腦可控制風扇之開啓階段與水牆邦浦之運作。對於側窗與天窗的控制作業，電腦可對窗戶位置進行微調以維持需要之溫度。在程式設定方面，允許在每日特別的時段使控制溫度超過設定溫度。

2.濕度控制

電腦利用加熱，通風與冷卻系統以執行濕度控制。在通常控制狀態下未能滿足濕度要求時，(相對濕度過高)使用者可選定特別控制程式以調整原先溫度控制之加熱與通風設定點，使特別狀況下的高濕狀態下得以消除。在濕度降低至允許範圍之內，溫度控制之設定點在回復原先常態設定狀態。在需要提高濕度時，可利用噴霧系統以完成。

3.加熱器與熱水分配控制

控制加熱器之加溫溫度與熱水管之熱水流動分配狀態。

4.遮蔭與簾幕控制

此控制作業提供使用者於白天執行遮蔭系統，而夜間可用以爲節省能源之簾幕，其控制依據爲時間，外界光强度，或兩者兼用。在使用簾幕時控制程式重新調整最大天窗位置。

5.人工光源控制

6.灌溉控制

灌溉作業之設定可依據作業時間(其間隔由日照累積量調整)，光强度，亦有利用相對濕度爲執行控制依據。每次灌溉之動作時間都可加以設定。

7.施肥控制

此控制動作包括控制施肥量，肥料之 EC 與 PH 值。

8.二氧化碳濃度控制

**㈨其它作業**

除了執行環境控制之外，環控電腦可執行其它作業。

1.時間控制

可依據各季節日夜長短之變化調整各種設定之時間。

2.監視作業

對於環控電腦而言，其記錄和可列印之資料包括室內溫濕度，熱水管溫度，熱水管作業狀態，土壤溫度，通風窗之開啓程度 (以 % 表示)，二氧化碳濃度，遮蔭簾位置，水牆作業階段，施肥肥液之 EC 與 PH 值，灌溉作業狀態等。

3.報告作業

可報導各量測值之最高，最低與平均值。

4.不良氣候之保護

在暴雨或强風狀態下可執行自我保護作業。

5.圖示作業

可在螢幕上以圖形顯示資料與時間之關係。

6.警告作業

此型電腦的警告作業有兩種：經常性警告與損害性警告。經常性警告僅爲不正確的狀態，但對溫室作物未有嚴重損害。其報導方式可出現於螢幕或以列表機印出。典型的警告如濕度感測錯誤，風速計失效或通風窗位置有誤。

損害性警告之狀況如不正確的溫度感應，過高或過低的溫室溫度，灌溉水中肥料濃度不正確等。在此種警告狀況發生時，除了在螢幕或列表機加以輸出，更可啓動警鈴等裝置以通知使用者立即處理。

## 三、國內環控技術之問題與展望

國內自引進荷蘭溫室至模仿生產已有多年，國外使用良好的溫室在國內不能如期發揮其功效，其主要原因在於自然環境之差異。荷蘭溫室其基本結構爲嚴密性良好的農業設施。因此對於需要利用溫室效應之偏北寒帶，溫帶氣候區和利用綠洲效應的中亞沙漠地區均能適應，而對於日照能量充沛的亞熱帶與熱帶地區無法直接引入使用。爲發展本土化之適用溫室，由荷蘭溫室之學習展望如下：

### ㈠亞熱帶與熱帶地區溫室結構之開發

國內之荷蘭精密溫室往往不具側窗，僅有部份天窗。加以無遮蔭裝置，强烈之日照能量使溫室效應十分顯著。爲降低溫度，因自然通風之作用性不良，機械用抽風扇與水牆每年之使用時數極爲可觀，造成能量之浪費而猶未能達到降溫之效果。因此內外遮蔭之設置，側窗，天窗的配合利用都十分重要。

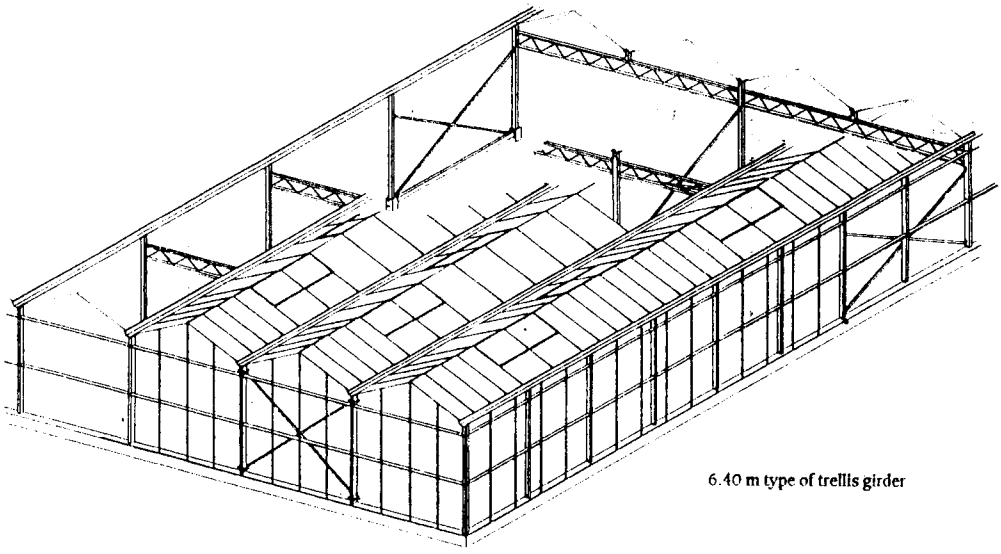
### ㈡環控策略與環境模式之研究

荷蘭溫室環控電腦之作業中，顯示資料，列印與儲存數據，

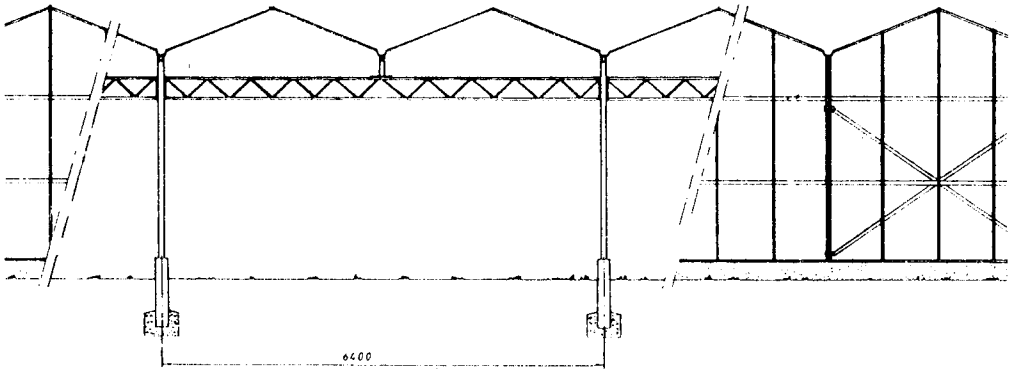
微氣候量測等功用僅爲補助環控作業之用而非環控電腦之主要功能。若環控電腦僅有這些功能，則僅與數據收集器(Data acquistion)或微氣候量測裝置相同。環控電腦之精華即在於其智力判斷之功用，使得環控設備能夠達到預定之條件。對生產環控電腦公司而言，環控策略軟體爲其公司之業務機密，使用者無法直接獲得。因此國內溫室之環控技術開發無法有現成之程式可以抄襲模仿利用，必須經由環境模式之建立加以開發環控策略。而環控電腦具有能執行智慧判斷之程式軟體才可稱爲眞正之環控電腦。亞熱帶與熱帶地之環控策略與控制軟體都需要國人付出心力自力開發。

**㈢先近技術之研究開發**

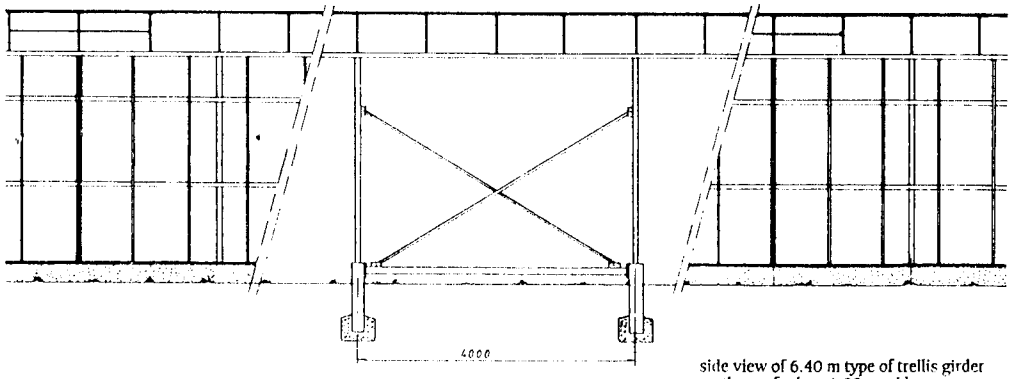
近年來，溫室環控作業結合智慧軟體之技術已有快速進步，例如前授式之控制方式，三層次之控制策略，結合成長模式與成本模式之環控設定，專家系統的利用等。這些技術使得溫室之環控作業性能更加精確，作物生產成本更低。這些先進技術都有研究開發之必要。



6.40 m type of trellis girder

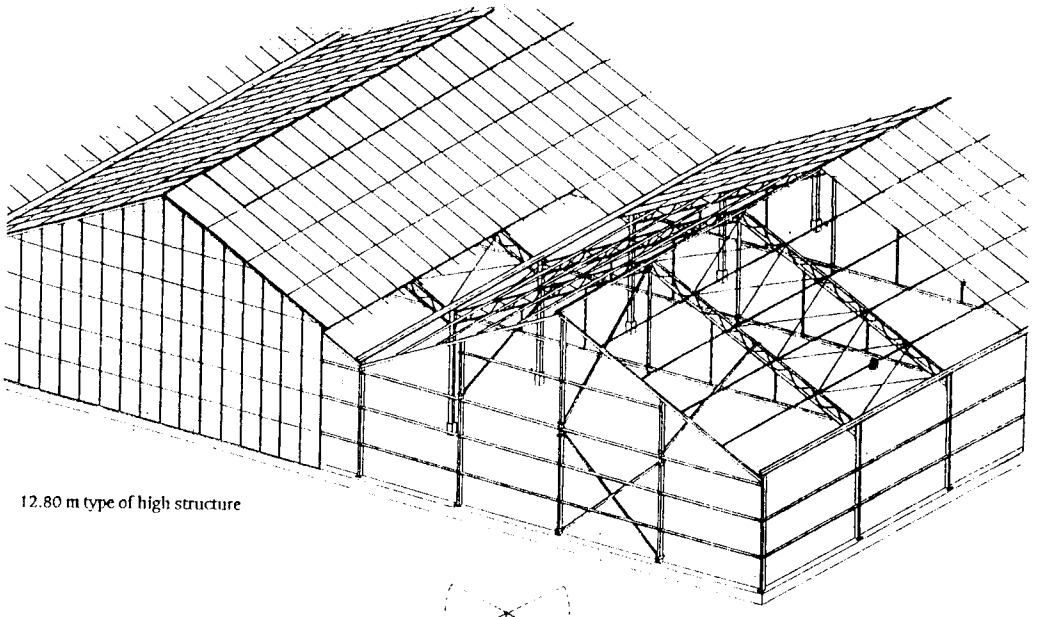


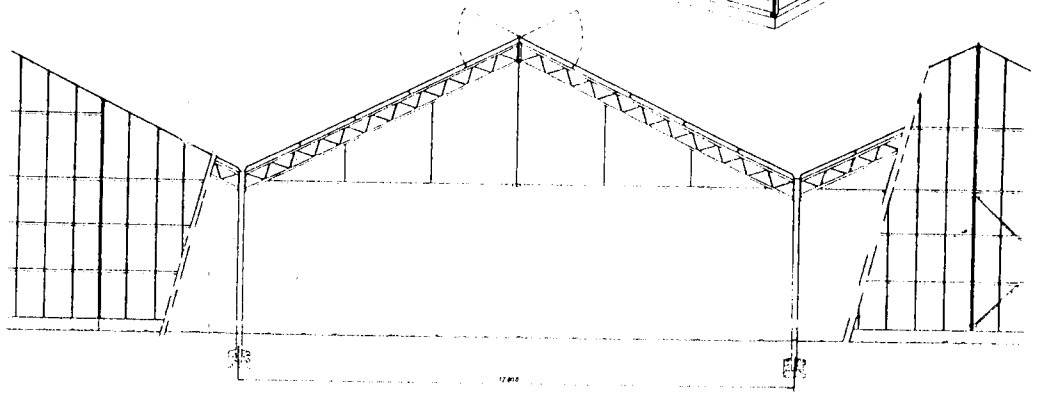

View of 6.40 m trellis girder

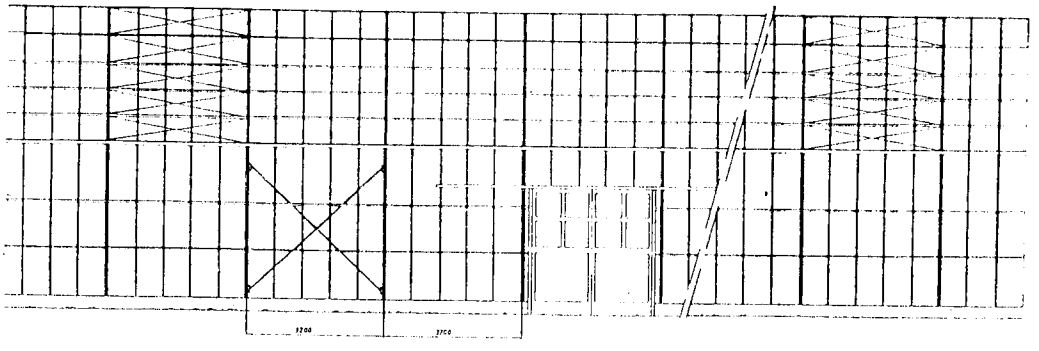



side view of 6.40 m type of trellis girder
on the roof, glass 1.00 m wide
in the sides, glass 0.80 m wide

圖一 Venlo 型 溫 室
(引自Verbakel／Bomka 公司型錄)

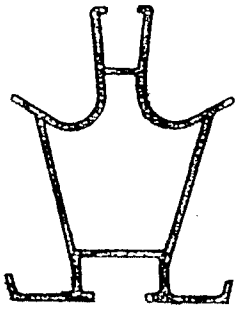


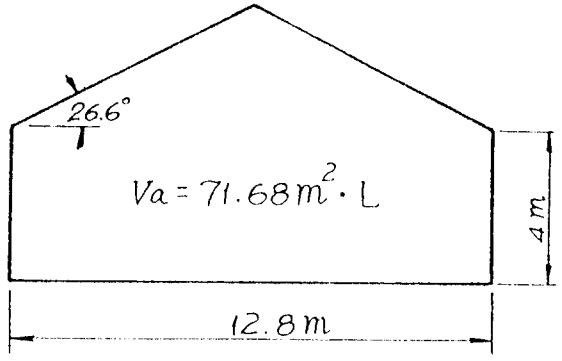



圖二 Wide Span 型 溫 室

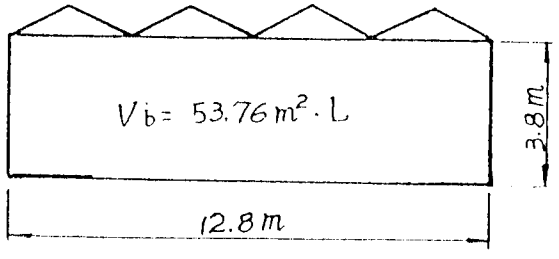
(引自Verbakel／Bomkas 公司型錄)



圖三　溫室用樑架剖面圖

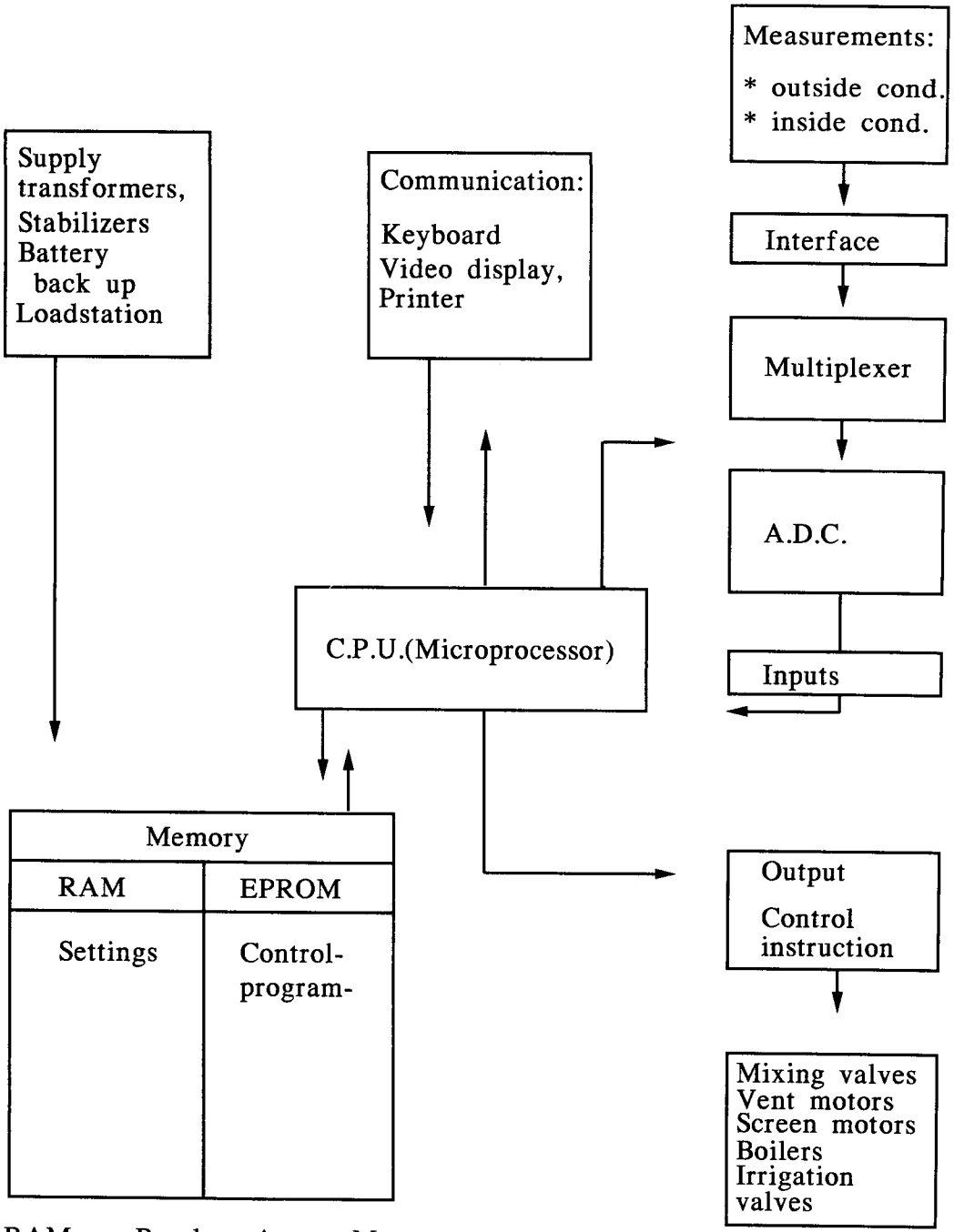



a. Wide-Span type




b. Venlo type

圖四　兩型溫室體積之比較




RAM = Random Access Memory
EPROM= Erasable Programmable ROM
ROM = Read Only Memory

圖五 環控電腦電路結構

# 日本之設施栽培與環境控制

陳 世 銘
台大農機系

## 摘 要

設施可以是簡單的塑膠布覆蓋，亦可以是精密的溫室。設施愈簡易，則其微氣象之環境控制愈不容易，不過，不同簡易程度之設施，各有其存在之價值，完全視需要而定。近年來，電腦工業與生物技術之發展日新月異，日本在設施栽培與環境控制方面都有相當的成就。最爲明顯的例子爲普遍地應用電腦，除了將傳統之環控因子，諸如溫度、溼度、二氧化碳之濃度、日照量、風向、風速、雨量等納入控制邏輯外，更將養液栽培之養液濃度、液溫、液量等之控制結合成一體，而發展出複合環境之控制技術(植物生長支援系統)。尤有甚者，更進一步應用人工智慧、乏晰理論等技術發展環境控制之專家系統，以期更有系統，更自動化地掌握與控制環境條件。至於DNA重組、細胞融合以及組織培養等生物技術之應用，更大大地改變了設施栽培的面貌，而環控技術與生物技術之加乘效用，將使設施栽培進入另一個嶄新的里程碑。

## 前 言

日本之農情與台灣類似，而其各方面之技術又甚爲先進，因此

可資學習之處應該不少。不過日本位處溫帶，其園藝設施之環境控制又與台灣之亞熱帶環境的需求不同，必須加以改良才能適用，這一點是必須先有之認識。

首先來看看日本之園藝產業，依據農林水產省1991年之資料，1989年日本園藝總產值爲三兆三千六百四十億日元，其中蔬菜佔65.7%爲最大宗，水果佔24.8 %次之，花卉爲9.5%。蔬菜之栽培面積與產量以蘿蔔之62,300公頃(2,449,000公噸)及甘藍之41,400公頃(1,623,000公噸)爲最大宗；切花以菊花之5,160公頃(1,748百萬支)及康乃馨之580公頃( 689 百萬支)爲大宗，盆花則以觀葉植物之300公頃(43 百萬盆)爲主；水果則以橘子之78 ,800公頃( 2,015,000公噸) 及蘋果之49,900公頃(1,045,000公噸)爲大宗。

## 設 施 栽 培

設施可以是簡單之塑膠布覆蓋，亦可以是精密的溫室。在日本，設施之應用範圍甚廣，葡萄之透明遮雨塑膠棚蓋、菜園之簡易遮網、菜園之低隧道式塑膠布覆蓋、果園之罩網、兩側通風之塑膠布溫室、密封型之塑膠布溫室、玻璃溫室等都屬之，甚至亦有將組織培養用之培養皿及生長(培養)箱皆歸屬之。各種各類之設施都有一個共同點，即提供某種程度之環境調節或控制。設施愈簡易，則其微氣象之環境控制愈不容易。不過，不同簡易程度之設施，各有其存在之價值，完全視需要而定。若以塑膠布溫室及玻璃溫室而言，日本之溫室總面積爲49,000 公頃，其中塑膠布溫室佔96%，而玻璃溫室僅爲 4%。塑膠布溫室大部份用爲蔬菜栽培，玻璃溫室使用於花卉與蔬菜都有，但花卉之面積稍多。水果之栽培在兩種溫室中都佔少數。過去十年來，塑膠布溫室之增加量甚爲快速，而玻璃溫室較平緩。

## 環 境 控 制

不論玻璃或塑膠布溫室，日本都發展出相當完善之環境控制技術。最明顯的例子爲普遍地應用電腦，除了將傳統之環控因子，諸如溫度、溼度、二氧化碳之濃度、日照量、風向、風速、雨量等納入控制邏輯外，更將養液栽培之養液濃度、液溫、液量等之控制結合成一體，而發展出複合環境之控制技術(植物生長支援系統)。換氣方式則可以是開側窗、開天窗、兩側捲起或加上風扇之强制通風。遮陰網可分內外遮陰兩種，除了調節日照量外，在溫帶的日本尙有保溫之作用。遮陰網之材質及透光率有許多的選擇。溫室之加溫功用在日本冬天是相當重要的，欲加强加溫之效果，溫室屋頂可採不對稱方式、或用內溫室系統、溫室玻璃採用雙層絕緣，甚至燒油送風加溫。人工燈光可以用以調節產期或補日照之不足，不過其能源成本相當高，一般作物使用常不合經濟效益。在日本，溫室爲了保溫，保持氣密是必要的，但也因此而引起二氧化碳之供應量不足，必須施用二氧化碳加以補足，當然，在適當的條件配合下，二氧化碳之充份供應亦能達到增加產量之目的。

環境控制還有一個很重要的關鍵因素即爲感測器，日本工業技術發達，此類感測器，如溫度感測器(熱偶線、熱敏電阻、RTD等)、濕度感測器、日照計、二氧化碳感測器、風速計、雨量計、土壤水份計、土壤酸度計、土壤電導計等都相當完備，結合自動控制元件及電腦可執行多種層次之環境控制。尤有甚者，更進一步應用人工智慧、乏晰理論等技術發展環境控制之專家系統，以更有系統，更自動化地掌握與控制環境條件。

灌溉有固定架或行走式之噴灌、淹灌法、滴灌、霧狀噴灑、養膜技術灌溉系統(NFT) 、毛細灌溉法、養液系統等。毛細灌溉法可

以使用在植床上，其方式爲在植床底部上方置放金屬網，再依序覆蓋不織布、塑膠布、白色吸水不織布及黑色透水布，其中白色吸水不織布之一端置於水槽中以吸引水份，而花盆之底部則有溝口，用以吸收水份。毛細灌溉亦有直接在花盆之底部置一吸水布，再直接將盆底跨騎在養液長槽之上方。養液之供應及調配則以可程式邏輯控制器或電腦進行控制。噴藥有攜帶式，移動式或無人噴藥車。

## 栽培新趨勢

果菜生產採用嫁接技術在日本非常普遍，其優點爲避免土壤之帶菌，增加生長活力，改進品質及增加產量，已大量應用於胡瓜、番茄、茄子以及西瓜等作物上。不過傳統之人工嫁接甚費人工，日本已開發出嫁接機器人，成功率爲98%，速度爲20株／秒，較人工之 3株／秒，效率明顯提高，唯一缺點是目前尙須人工掛苗(進料)。以組合式栽種盆(BOX) 來栽培果樹亦是一個趨勢，以葡萄爲例，每盆僅種一棵，每棵只生四串葡萄，消費者買回家可以當盆栽欣賞，亦可當水果享用，一舉兩得。但更重要的，從栽培觀點而言，既然以盆子栽培，具有移動性，若須進行環控以調節產期，則相當容易，而且養液之控制亦相形簡便。

穴盤苗之生產在日本亦日益普遍，在1990年，蔬菜之穴盤苗共生產5,770萬株，爲1989年產量之202%，花卉之穴盤苗則爲4,510萬株，爲1989年之172%。穴盤之種類繁多，亦有條狀可拆式，相當通氣，具空氣整根效果。農業用電腦管理規劃軟體亦已推出，如具有農業情報、營農計劃、栽培曆、農業日誌、農業簿記等功能之農業全書即爲一例。

生物技術是日本盡全力以赴之一個新的領域，以麒麟公司爲例，其植物開發研究所之研究方向即著重於(1)大量增殖技術之開發，如

以不定胚繁殖蘆筍，以萵苣之不定芽以及芹菜之不定胚所製成之人工種子；⑵新品種之開發，如千寶菜之開發乃將小松菜與甘藍進行受精胚培養，染色體倍加再經選拔而得；⑶消費者取向之商品開發，如不同顏色之馬鈴薯等。至於DNA重組、細胞融合以及組織培養等生物技術之應用，將更大大地改變了設施栽培的面貌，而環控技術與生物技術之加乘效用，將使設施栽培進入另一個嶄新的里程碑。

## 結　　語

日本緊密結合園藝、工程、電腦資訊所發展之設施栽培與環境控制系統的努力值得我們學習。溫室在台灣之降溫問題則必須更加緊研究加以解決，設施栽培才能落實，而環境控制也才有其意義。

# 台灣地區溫室內溫濕度之預測模式*

# The Simulation Model to Predict the Temperature and Relative Humidity within Greenhouse in Taiwan

王 鼎 盛
台大農工系

## 摘 要

本模式之目的在‘預測’溫室內溫濕度環境，提供設施園藝營運管理方式使溫室利用達到最高效率、並使農業工程師或一般建造者在操作、設計、構造溫室時能依預知之情形，建造出最廉價且商合作物生長環境之溫室。

本模式之建立，摒除了利用儀器(日射計、風速計、溫濕度計、電熱偶、資料分析儀等感應器)計測的動態模擬方式，改爲借用氣象預報的氣象資料(溫度、濕度、風速、雲量等)，做爲動態模擬依據，不但適用於預測工作，且可根據以往之氣象資資料及植物生理資料，決定植物之最適生長季節，或作爲變更植物種類時溫濕度環境之評估。

本預測模式在民國78年已大致發展完成，並於民國80年利用多點資料蒐集儀配以溫度、濕度、風向風速、日射量等感應器作長期的氣象資料，代入預測模式，經比對印証其精確度相當高。

---

* 本文已刊載於農業工程學報

## ABSTRACT

The purpose of this model is trying to predict the highest and lowest temperatures and relative humidity at any day within a greenhouse. Simulation results can provide the most economical and efficient ways to design, construct, and manage the greenhouses. The characteristics of this model is not fully depend on the instant data responsed from sensors, but combines the climate data from Weather Bureau and mathematical simulations. As a result, it is not only predicted easily, but implemented economically. The model has been developed and tested completely in 1989 and 1991, respectively. The precision of this model is found to compare favorably high and acceptable with that from long-term field measured data.


## 1.前　　言

園藝設施採用各項設施來改善或控制作物之生長環境，以控制提高產量、品質，並調節產期之集約栽培，其建物與一般房屋不同，具有以下之特質：

⑴作物直接在栽培床或地面生長，故不需樓板。

⑵設施內作物需日照以行光合作用，故設施內之屋面及牆面應儘量使用纖細骨架讓更多光線透入。

⑶溫室本身重量較輕，易被風吹浮，因此其抗風性較差。

由於溫室具有以上之特質，溫室內溫濕度環境在外氣候之變化下，形成一特殊之微氣候環境，其影響之諸因子如下：

㈠外氣候：

太陽位置(高度、方位、日長) 大氣透過率(直達、天空、全天日射量、波長組成) 氣溫、濕度、風(風速、風向)、降

雨(量、強度) 空氣組成($CO_2$濃度)

㈡構造及設備：

方位、緯度、形狀(長寬高、屋頂斜率及形狀、棟間距、連棟數)、結構組合(樑柱系統、屋面系統、牆面系統) 、構材(斷面、尺寸及材質)、被覆材料(散光性質、光透過率、透過光質、反射率、導熱性質、吸收率)、附屬設備(換氣、保溫、冷卻及加溫設備、反射板、灌溉系統、遮陰網等)

㈢作物群落：

植物結構(植物分佈、種植方位、葉面積指數) 輻射特性(吸收率、放射率) 植物特性(生理特性、光合成、氣孔開閉、葉溫、蒸散量、呼吸量)

㈣其他：

作業門之啓閉(出入次數、大小)、溫室密合度、作業人員(熱收支、呼吸量)、土壤(種類、水份含量、熱貯存及放射)、溫室周圍之地物

由於以上諸因子之影響，溫室溫濕度環境在外氣候之變化下，形成一特殊之微氣候環境，在定性理論方面主要有：

⑴溫室效應：

溫室的透明被覆材料，允許大部份高熱量之太陽短波幅射穿透，卻限制多數室內諸物體因高溫產生之長波輻射穿透出去，以致溫室內的溫度因累積熱量而上昇。

⑵雨仵效應：

溫室內外因架設遮陰網或反光網……等遮陰材料使入射的陽光幅射量減少，而使溫室內的溫度不急速上昇，如同太陽下撐陽傘遮陰一樣。

⑶綠洲效應：

溫室外低相對濕度的空氣在進入溫室前，經過水簾(PAD) 或水霧區，而產生絕熱加濕的降溫行爲後，再進入室內與室內高溫空氣混合，達到降溫效果稱之。

⑷煙囪效應：

溫室內外空氣因溫度差產生浮力之關係，外氣低溫空氣由溫室下部開口流入，室內熱空氣由上部流出，達到散熱降溫效果稱之。

⑸風壓效應：

風吹過溫室時，因受溫室阻擋致流態改變，而在溫室表面產生正負大小不同風壓，使外氣由風壓係數大處流入，由風壓係數小處流出，達到換氣降溫效果稱之。

⑹輻射冷卻效應：

溫室被覆材料利用其外表面溫度與天空及週圍環境做長波熱輻射交換。

溫室降溫理論，主要就是根據上面所講的六大效應及熱力學、熱傳遞學及通風理論，來調和溫室內微氣候影響眾因子，達到屋溫室降溫效果。

各種園藝作物均有其特定生長之適宜環境，而設施爲修正其不利條件以達到改善農作物品質、調整產期、提高作物價值之目的，本研究即針對溫室內溫濕度環境之控制模式，模擬作物最適生長之溫濕度環境，並爲將來溫室自動化控制奠定整理基礎。

## 2.本文目的

本文是以用最低價之自然力量修正農作物生長環境及溫室作業員工作環境爲宗旨。

本文之目的：

⑴以天氣預報資料代替感應器反應，避免大量資金之浪費。

⑵提供設施園藝營運管理方式，使溫室環境管理達最高效率。

⑶預測溫室環境，使能採取防範措施。

⑷作爲改變作物種類或品種之評估。

⑸爲溫室自動化控制系統樹立數理基礎。

⑹提供設計溫室者環境控制之依據。

本文之特色：

㈠以氣象局之天氣預報來預測模擬溫室內溫濕氣微氣候。

㈡取代了利用感應器之動態模擬。

㈢將葉內層水汽擴散阻力係數以時間函數視之。

㈣本模式以實物測試修正式中若干係數而得之模式，適合本省之使用。

㈤寫成 PC FORTRAN 程式以資推廣使用。

## 3.文獻探討

### 3－1 相關研究及演進

溫室氣候在先進國家中已發展了幾十年，早期之研究主要以實驗及靜態分析爲主，主要之研究群有英國Morris，Whittle ，Lawrence (1954，1959，1960)所領導的 NIAE 研究組及德國Renard，Hiller( 1956，1957)爲首之研究小組。

六十年代，隨著熱力學、熱傳遞學之發展，定常狀態( Steady state) 之熱平衡方法被引用到溫室大氣候分析，主要研究者有

Yabuki, Imazu(1961)；Siebert，Renard(1962) Businger(1963)；Sugi, Takakura(1965)，其中以Businger 首創利用迭代法技巧由溫室環境因子預估溫室內溫度，此法不但爲溫室氣候模擬立下一新里程碑，亦加速後來裨定常狀態( Unsteady state) 分析之腳步。

跟隨熱傳遞學之發展，分析溫室熱環境之非定常狀態也分爲數學解析法(Analytical methods)及數值方法(Numerical methol)二種路線，在解析方面有用線性加權法(Linearity－Weighting function method)(Takakura, 1967, 1968)；被動網路法(Rassive network method)(Frroehich et al., 1979)；及用類比電腦解(O' Flaherty，1973. )。而在數值方法方面首推日人Takakura等(1971)，用CSMP模擬語言做數值模擬，明確定出系統之邊界條件，如內表面凝結，溫室土層之二維分析等。此法隨電腦之進步而突發飛猛進，相繼爲人引用，有kimball(1973, 1981)；Soribe, Curry (1973)；Kindelan(1980)；Chandra et al. (1981)；Avissar, Mahrer(1982)；Von Elsner(1982)；……等人相繼提出類似之報告。至1983年 G. P. A. Bot 提出了一前所未有之複雜模式，主要包括 3個子模式(光透過；熱及質量傳遞；控制函數)。

1983 年 ISHS(世界園藝協會)，有感於模擬程式繁多，令人無所適從，故選取 C. H. M. Van Bavel； T. Takakura； G. P. A. Bot (1985) ·三人之模式爲代表，在美國 Lubbock ，日本 Tokyo，荷蘭 Wageningen， 三地實測比較，於 1985 年報告指出，在相同條件下，其運算方法雖不盡相同，但其結果卻十分相近(在下節討論)。

## 3－2 文獻的比較及探討

Takakura 等人於 1971 年所提出預測溫室溫、濕度變化之電腦模擬程式中，加入了植物蒸發蒸散量，濕床土的蒸發量，玻璃內表面之凝結量等之分析，連全天光照中之直射光及天空漫射光也分別測計

其值；直射光相對於溫室之平均透過率則採用 Threlkeld (1970) 所提出的方法求出。在溫室外氣溫、比濕度、風速、直射光、漫射光之輸入方面則採用富利葉函數( Fourier series)。可貴的是在此程式中也計及到溫室之通風、加熱、蒸發冷卻等狀況之變動。在水汽之質量傳遞方面，也明確表示出在傳導面的組成及面與宜氣間之比濕度差的大小對質量傳遞的多寡影響甚鉅，因此計測植物葉片之水汽傳遞量時可將氣孔的開閉情形視爲時間函數代入；另在長波輻射熱交換方面則採用線性方式處理。綜合以上觀念及變因控制簡化後所做模擬結果顯示出：(1)長波輻射熱交換(2)植物蒸發蒸散量(3)濕床土蒸發量三項所佔份量頗重，絕對不能忽視。

本模擬程式因顧及台灣柔日本均屬海洋型氣候且日本之溫室發展背景及路線與台灣相近，故選取 Takakura 之模式爲主要架構，加入外氣候模擬代替儀器(Sensor)之動態模擬，且顧及植物之生長特性，並引用各國相關研究報告、文獻之成果修正模式，使更適合台灣溫室環境之模擬。

## 4.外氣候模擬

本模式之目的在於‘預測’溫室內溫濕度環境，且爲摒除外接感應器，做最快速的全天模擬，故需先對外氣候溫濕度做最完善的模擬，此外氣候之模擬對於溫室整體預測影響很大，也是整個模式準確度的重心。

### 4－1 外氣溫變化之模擬

根據美國統計歷年來每日氣溫變化之資料顯示每日氣溫之變化可以一條標準曲線表示之，由此僅需知每日之最低及最高溫度，即可推算一日中任意時刻之氣溫變化，此標準曲線形式如圖4-1，一日中任一時刻氣溫之計算公式如下式：

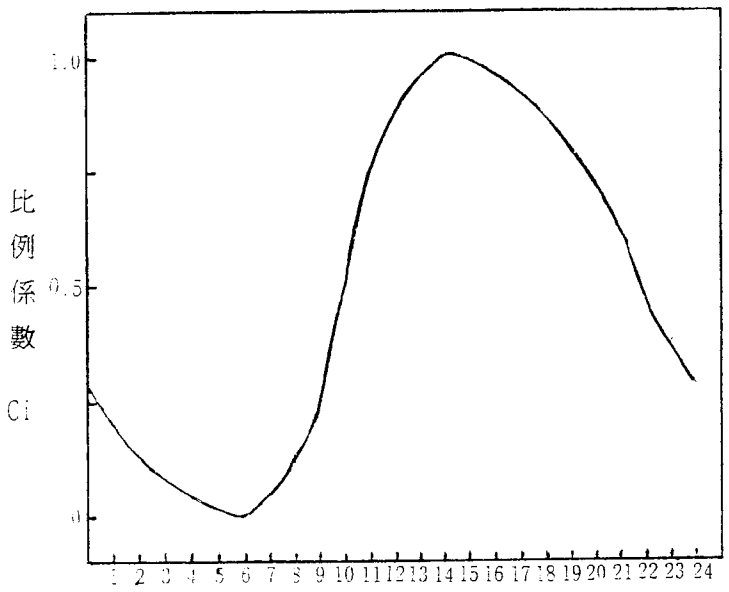



**圖4.1 美國外氣溫日變化標準曲線圖**

$$Ti = Tmis + (Tmax - Tmin)\ Ci \qquad (4-1)$$

故由氣象局預測之最高溫度 Tmax 及最低溫度 Tmin ，再由上圖中查出該時刻之Ci值，即可計算出該時刻之氣溫，此舉是爲了替代使用感測器而完成更有效率之預測工作。

以下即是將台灣大學大氣系所測得的78年全年溫度資料整理求出各時刻的平均值，再將此平均值化爲0至1的外氣溫標準曲線如下所示：

| 時 | Ci | 時 | Ci | 時 | Ci | 時 | Ci |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.1566 | 6 | 0.0000 | 12 | 0.9599 | 18 | 0.4627 |
| 1 | 0.1220 | 7 | 0.0729 | 13 | 1.0000 | 19 | 0.3552 |
| 2 | 0.0856 | 8 | 0.3042 | 14 | 0.9672 | 20 | 0.2951 |
| 3 | 0.0546 | 9 | 0.5501 | 15 | 0.8816 | 21 | 0.2495 |
| 4 | 0.0273 | 10 | 0.7450 | 16 | 0.7468 | 22 | 0.2204 |
| 5 | 0.0073 | 11 | 0.8816 | 17 | 0.6120 | 23 | 0.1913 |

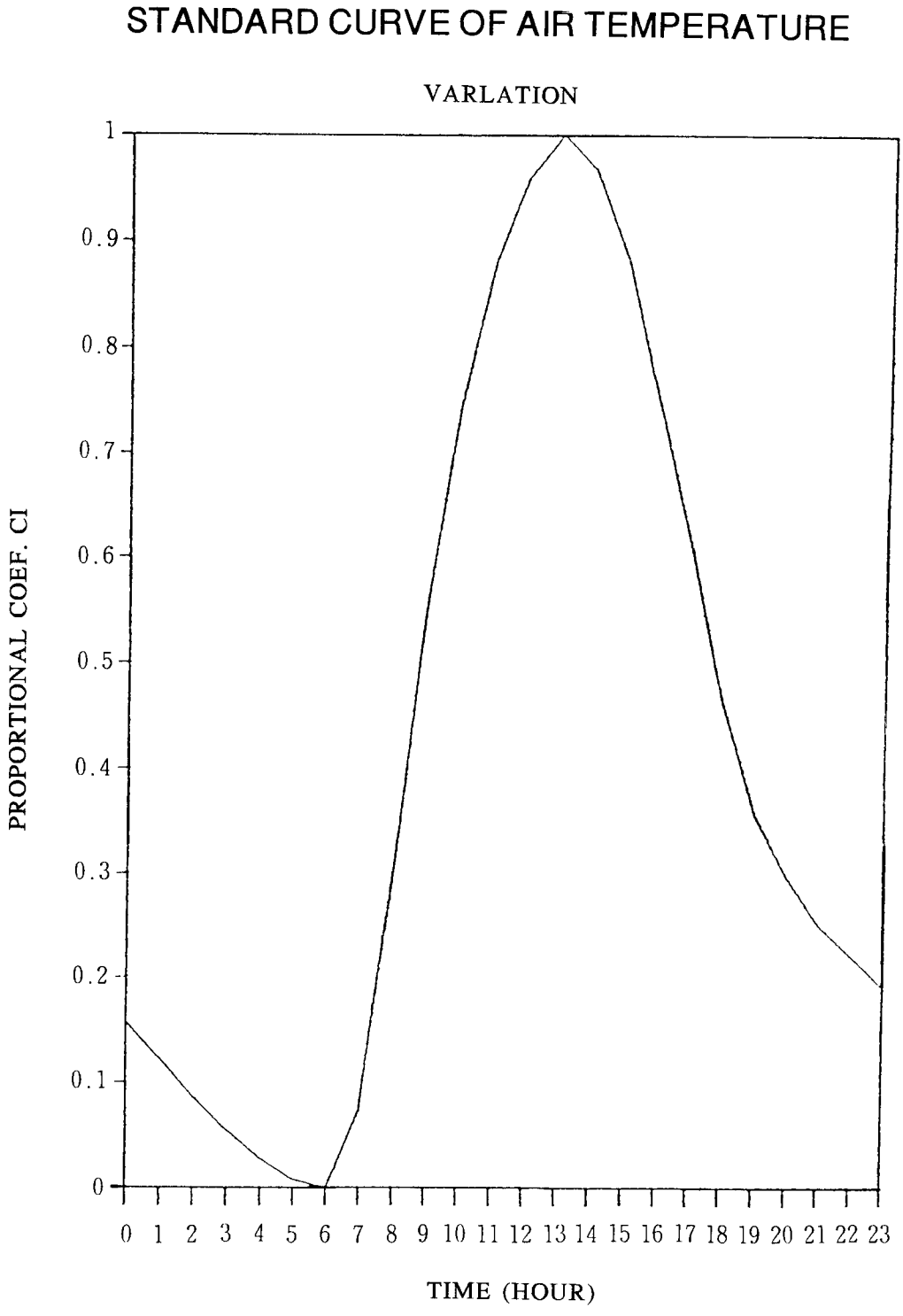



圖4.2 台灣大學校區外氣溫日變化標準曲線圖

## 4－2 外氣相對濕度變化之模擬

同理標準曲線需引用台灣歷年氣象資料，以適本地之預測工作，因此亦採用台大大氣系所測得的78年全年濕度資料整理求出各時刻的平均值，再將此平均值化爲 0至1 的外氣濕度標準曲線如下所示：

| 時 | Di | 時 | Di | 時 | Di | 時 | Di |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.9291 | 6 | 1.0000 | 12 | 0.0313 | 18 | 0.6002 |
| 1 | 0.9467 | 7 | 0.9785 | 13 | 0.0000 | 19 | 0.7333 |
| 2 | 0.9621 | 8 | 0.8009 | 14 | 0.0593 | 20 | 0.8063 |
| 3 | 0.9767 | 9 | 0.5309 | 15 | 0.1622 | 21 | 0.8590 |
| 4 | 0.9836 | 10 | 0.2901 | 16 | 0.2975 | 22 | 0.8888 |
| 5 | 0.9886 | 11 | 0.1223 | 17 | 0.4337 | 23 | 0.9172 |

其預測公式如下：

$$RHi = RHmin + (RHmax - RHmin)\ Di \qquad (4-2)$$

## 4－3 太陽位置

溫室中之熱量來源大部份來自日照，故要探討溫室熱環境，首先須了解太陽在該區之位置，一般太陽位置可由太陽高度角 h 及太陽方位角 D 來決定，其計算方式如下：

$$\sin h = \sin \Psi \sin \delta + \cos \Psi \cos \delta \cos t \qquad (4-3)$$

$$\cos A = \frac{\sin h \sin \Psi - \sin \delta}{\cos h \cos \Psi}$$

$$\cos A = \frac{\sin t \cos \delta}{\cos h} \qquad (4-4)$$

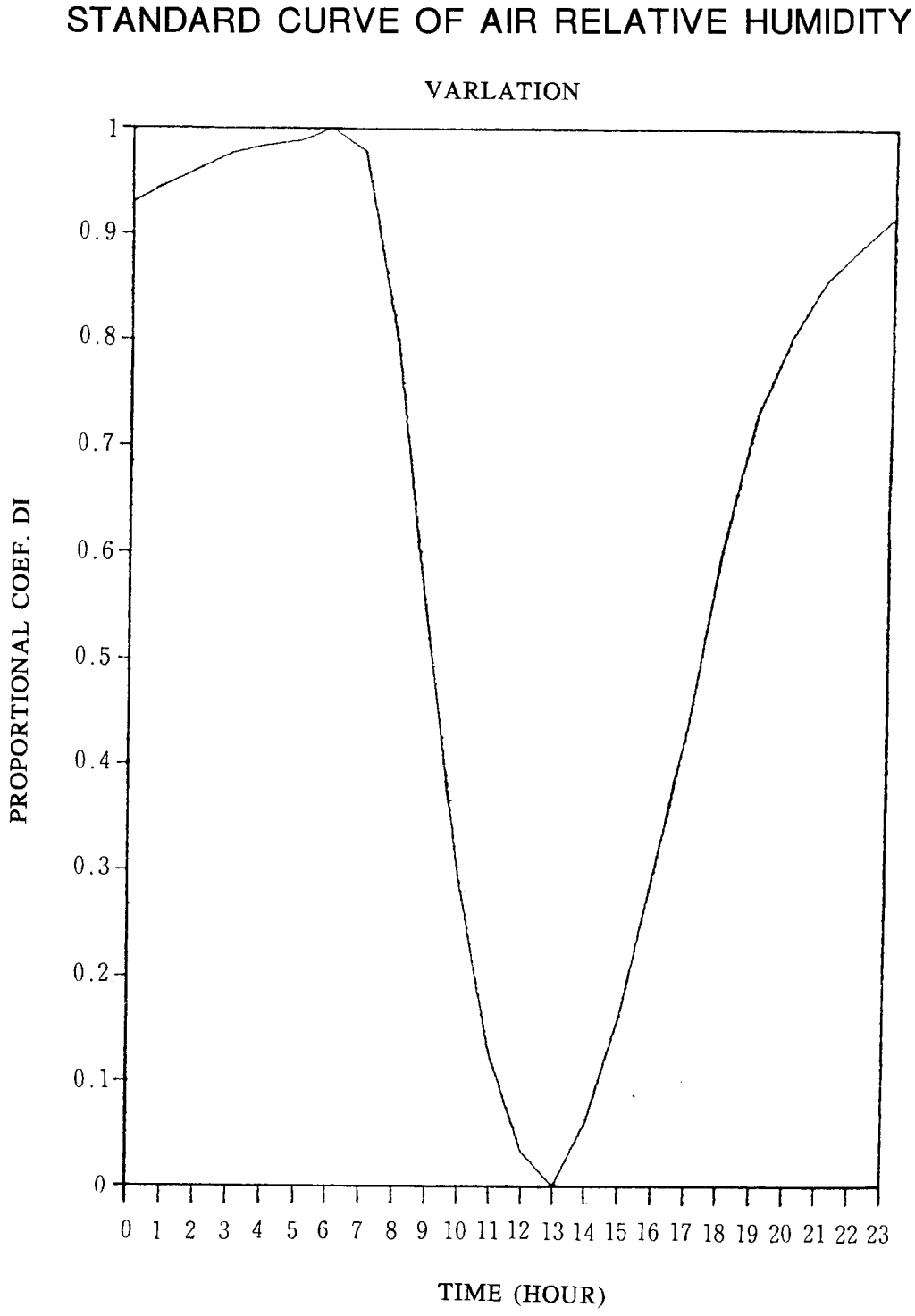



圖4.3 台灣大學校區外氣相對濕度日變化標準曲線圖

其中

$\Psi$ ：表緯度，半球 $\Psi > 0°$ ，南半球 $\Psi < 0°$

$\delta$ ：表太陽赤緯，春分、秋分 $\delta = 0°$ ，夏至 $\delta = 23°$ 27'，冬至 $\delta = -23° 27'$，因太陽赤緯每年週期性變動其計算方式如下：

$$\text{Sin}\ \delta = \text{Sin}\ 23° 27' \text{Sin}\ B$$

$$B = 360(n-81)/365\ [°]$$

t ：表時角，眞太陽時之正午爲 0° ，午前爲正，午後爲負，一小時15° 之分割，其換算式如下：

$$t = (t_a - 12) * 15$$

$$= \{ t_s + ( E + \frac{l - l_s}{5} - 12 ) \} * 15$$

$t_a$ ： 眞太陽時

$t_s$ ： 標準時

L ： 經度(東經爲正，西經爲負)

Ls ： 標準子午線經(東經爲正，西經爲負)

E ： 均時差，其近似公式如下：

$$E = (9.87\ \text{Sin}\ 2B - 7.53\ \text{Cos}B - 1.5\ \text{Sin}B)/60$$

$$= 0.1645\ \text{Sin}\ 2B - 0.1255\ \text{Cos}B - 0.025\ \text{Sin}B$$

台灣地區位於北緯22° ～25° 10'，東經119° 33'～121° 51'之間，若以地理中心北緯23.5° ，東經120° 42'，6 月20 日標準時中午12點爲例，太陽高度爲 89.58° ，方位爲 57.785° ，亦即太陽在此時位於地理中心頭頂正上方直射該地。

## 4－4 大氣透過率

大氣層雖僅30公里厚，不及地球直徑之百分之一，但對太陽輻射分佈之影響頗大，到達地面的太陽輻射量會因大氣的吸收、反射和散射而變化，一般而言，天氣晴朗、空氣乾燥，大氣透過率約 0.8～0.9 之間，陰雨天約 0.2～0.1 之間，甚至於 0，顯然此係數直接影響到溫室所受太陽輻射之大小，亦即微氣候環境變化之關鍵要因之一。

再則，太陽輻射直接由太陽直射而來、不改變輻射方向者稱之爲直達日射，若經大氣吸收、散射或地面反射等改變方向的輻射稱之爲散漫日射或天空日射量，而直達日射量與天空日射量之總和即爲全天日射量，各量之計算方式如下：

⑴直達日射量＝ $JP^{**}(\csc h)/r^2$ (4－5)

$J_0$：太陽常數約 1164〔Kcal／$m^2$〕

P ：大氣透過率

h ：太陽高度

r ：地球與太陽間之平均動徑，其值約爲 1 左右

⑵天空日射量

$$= \frac{1}{2} J_0 \operatorname{Sin} h \left\{ \frac{1 - P^{**}(\csc h)}{1 - 1.4 \operatorname{Ln}(P)} \right\} \quad (4-6)$$

⑶全天日射量＝直達日射量＋天空日射量

由以上3式可知，溫室的微氣候熱量來源取決於太陽位置及大氣透過率，而大氣透過率與海拔高度、雲量、大氣壓力關係密切，然至目前爲止，除非以儀器實際測量該區之大氣透過率外，由於雲量之變化莫測且近年來空氣污染之關係，無精確模式可資運算，在此提出一較接近台灣現有大氣透過率之實驗公式：

$$P = a_0 + a_1 e^{-k\csc\alpha}$$

$a_0$ ，$a_1$ ，k，稱爲大氣模數，如表2-1所示，海拔不同時可用內插或外插方法求得

表 4-1 大氣模數

| 海平面上高度(KM) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 |
| | | | 23 Km 模糊模型 | | | |
| $a_0$ | 0.1283 | 0.1742 | 0.2195 | 0.2582 | 0.2915 | 0.320 |
| $a_1$ | 0.7559 | 0.7214 | 0.6848 | 0.6532 | 0.6265 | 0.602 |
| k | 0.3878 | 0.3436 | 0.3139 | 0.2910 | 0.2745 | 0.268 |
| | | | 5 Km 模糊模型 | | | |
| $a_0$ | 0.0270 | 0.063 | 0.0964 | 0.126 | 0.153 | 0.177 |
| $a_1$ | 0.8101 | 0.804 | 0.7978 | 0.793 | 0.788 | 0.784 |
| k | 0.7552 | 0.573 | 0.4313 | 0.330 | 0.269 | 0.249 |

## 5.模式之建立

溫室內溫、濕度平衡建立的基準點，主要依據熱收支平衡及水收支平衡之原理。

### 5－1 熱收支式及水收式

(1)熱收支式

溫室內空氣獲得之熱量

＝被覆材料內表面之對流傳熱量＋換氣產生內外空氣對換之顯熱傳達量＋作物體表面之顯熱傳達量 ＋ 加熱器之熱傳達量 － 冷卻器之熱傳達量

(2)水收支式

溫室內空氣獲得之水汽量

＝內外空氣交換之水蒸氣流入量＋土壤表面之蒸發量＋作物葉面之蒸發蒸散量－被覆材料內表面之凝結量

基於此基本原理，我發展了整個溫室內溫、濕度平衡之理論。

## 5－2 溫室內溫濕度平衡理論

將溫室分爲被覆材料、室內空氣、室內濕度、植物及土壤等五個自由體來探討其熱量及水汽的平衡，再整合此五個自由體來完成整體模式，自由體的平衡分述如下：

### 5－2－1 被覆材料之熱平衡

被覆材料之熱平衡可分爲三部份即材料外表面、材料內層及材料內表面，來討論之，請參閱圖5－1

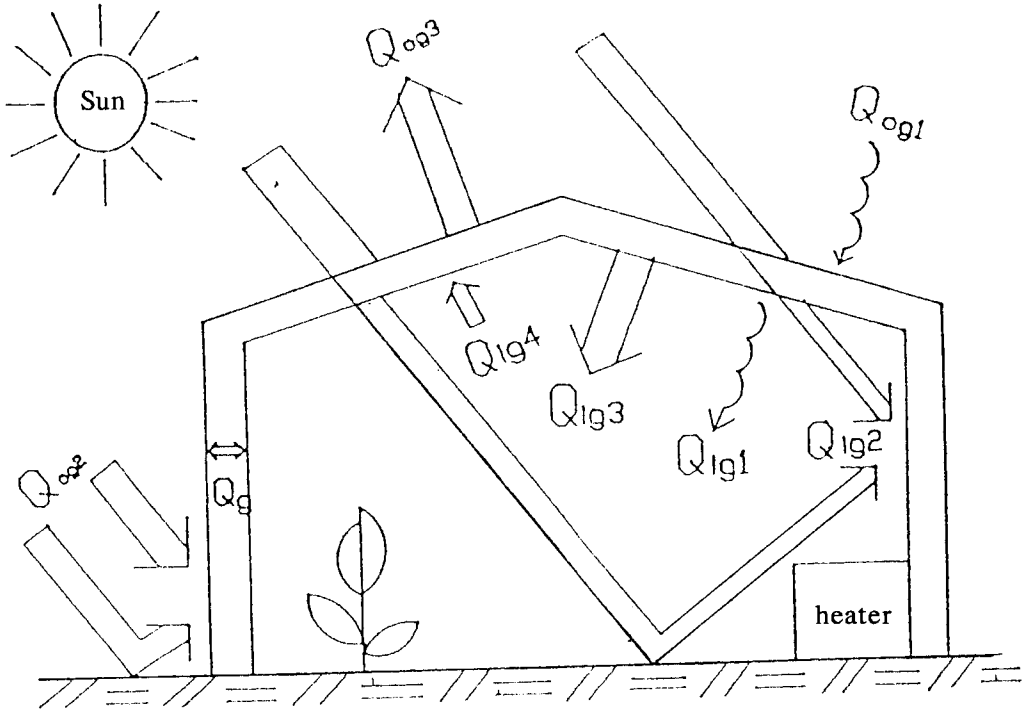



圖5.1 被覆材料之熱平衡圖

(1)被覆材料外表面

1)被覆材料外表面與空氣之對流熱交換

$$Q\ og_1 = h\ ou\ (t)\ [\ \theta\ ou(t) - \theta\ og(t)\ ]$$

2)短波輻射熱交換

$$Q\ og_2 = \alpha g\ [\ (t)\ (1 + \eta\ ss\ \gamma\ os)\ R\ dd(t) + Rss(t)\ ]\ fs(t)$$

3)長波輻射熱交換

$$Q\ og_3 = \eta g\ R\ lg(t)$$

由1)～3)得材料外表面所獲得熱量爲

$$Q\ go = Q\ og_1 + Q\ og_2 - Q\ og_3$$

(2)被覆材料之熱傳導

$$Q\ g = \frac{Kg}{Lg}\ [\ \theta\ og(t) - \theta\ ig(t)\ ]$$

(3)被覆材料內表面

1) 被覆材料內表面與空氣之對流熱交換

$$Q\ ig_1 = h\ in\ (t)\ [\ \theta\ ig(t) - \theta\ in(t)\ ]$$

2) 材料內表面與直達日射反射之吸收量

$$Q\ og_2 = \tau g\ [\ \tau\ d(t)\ (\delta\ (t) + \eta\ is\ \gamma\ isp)\ R\ dd(t)\ ]\ dd(t)\ fs(t)$$

3) 被覆材料內表面對植物、土壤等之輻射熱交換

$$Q\ ig_3 = \Sigma\ \varepsilon g\ \varepsilon j\ \eta gi\ \sigma C\ gj\ [\ \theta\ ig(t) - \theta\ j(t)\ ]$$

4) 被覆材料內表面與水蒸氣之熱交換

$$Q\ ig_4 = \mu\ km\ \xi ig\ [\ Win(t) - Ws(\theta\ ig)\ ]$$

綜合 1)～4) 得被覆材料內表面之熱量爲

$$Q\ gi = Q\ ig_1 - Q\ ig_2 + Q\ ig_3 + Q\ ig_4$$

5－2－2 室內空氣能量平衡

室內空氣能量平衡可參照圖5－2所示分爲五部份來討論：

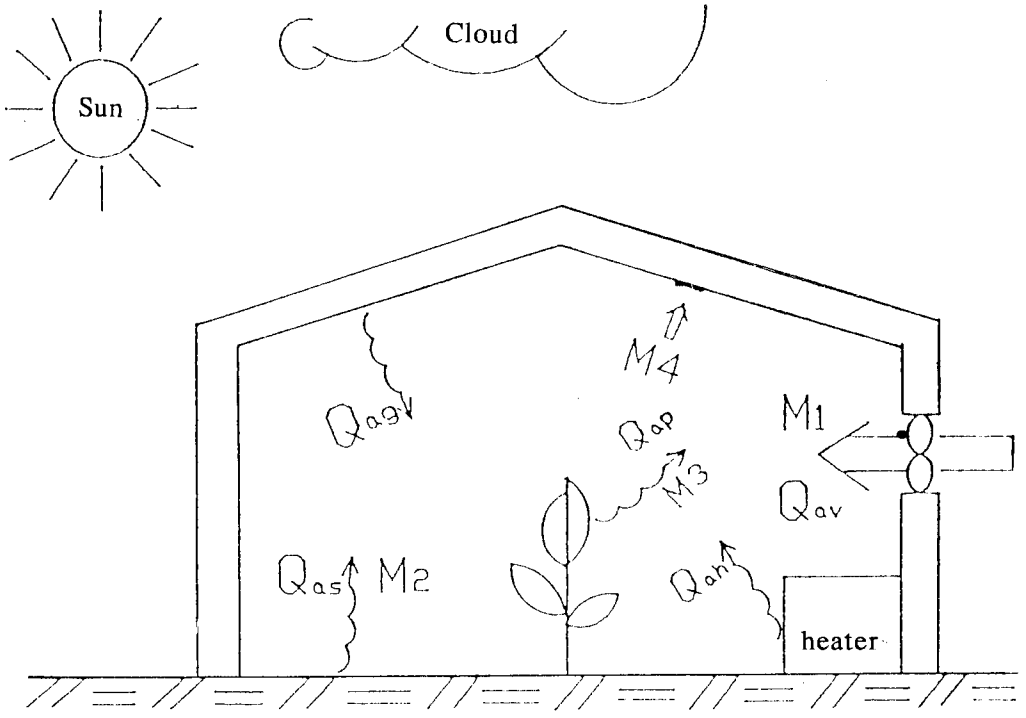



**圖5.2 室內空氣能量及水汽(濕度)平衡圖**

(1)空氣與被覆材料之熱對流交換

$$Q\ ag = h\ in\ (t)\ [\ \theta\ ig(t) - \theta\ in(t)\ ]\ Dg$$

(2)室內外通風之對流熱交換

$$Q\ av = h\ ven(t)\ [\ \theta\ ou(t) - \theta\ in(t)\ ]\ Dg$$

(3)空氣與土壤之對流熱交換

$$Q\ as = h\ is\ (t)\ [\ \theta\ is(t) - \theta\ in(t)\ ]\ Ds$$

(4)空氣與加熱器之對流熱交換

$$Q\ ah = h\ ih\ (t)\ [\ \theta\ h(t) - \theta\ in(t)\ ]\ Dh$$

(5)空氣與植物之對流熱交換

$$Q_{ap} = h_{ip}(t)\,[\theta_p(t) - \theta_{in}(t)]\,D_p$$

由(1)～(5)可知室內空氣能量變化爲

$$C_a V_g \frac{d\theta_{in}(t)}{dt} = Q_{ag} + Q_{av} + Q_{as} + Q_{ah} + Q_{av}$$

5-2-3 室內空氣濕度平衡

室內空氣濕度平衡可參照圖5-2所示，亦分爲四部份來討論：

討論：

(1)通風之水蒸氣質量傳遞

$$M_1 = \rho\, h'_{ave}(t)\,[W_{ou}(t) - W_{in}(t)]\,A_g$$

(2)土壤與空氣之水蒸氣質量傳遞

$$M_2 = K_m\,\xi_{is}\,[W_s(\theta_{is}) - W_{in}(t)]\,A_s$$

(3)葉子與空氣之水蒸氣質量傳遞

$$M_3 = \frac{\rho}{r_l(t) + r_a}\,[W_s(\theta_p) - W_{in}(t)]\,2\,A_p$$

(4)被覆材料與空氣之水蒸氣質量傳遞

$$M = K_m\,\xi_{ig}\,[W_{in}(t) - W_s(\theta_{ig})]\,A_g$$

故由(1)～(4)可知室內空氣中水蒸氣質量變化爲

$$\rho\, V_g \frac{d\,W_{in}(t)}{dt} = M_1 + M_2 + M_3 - M_4$$

5-2-4 植物葉表面之能量平衡

植物葉表面之能量平衡可參照圖5-3所示，分爲四部份來討論：

(1)葉表面與空氣之熱流交換

$$Q_{pa} = h_{ip}(t)\,[\theta_{in}(t) - \theta_p(t)]\,2\,A_p$$

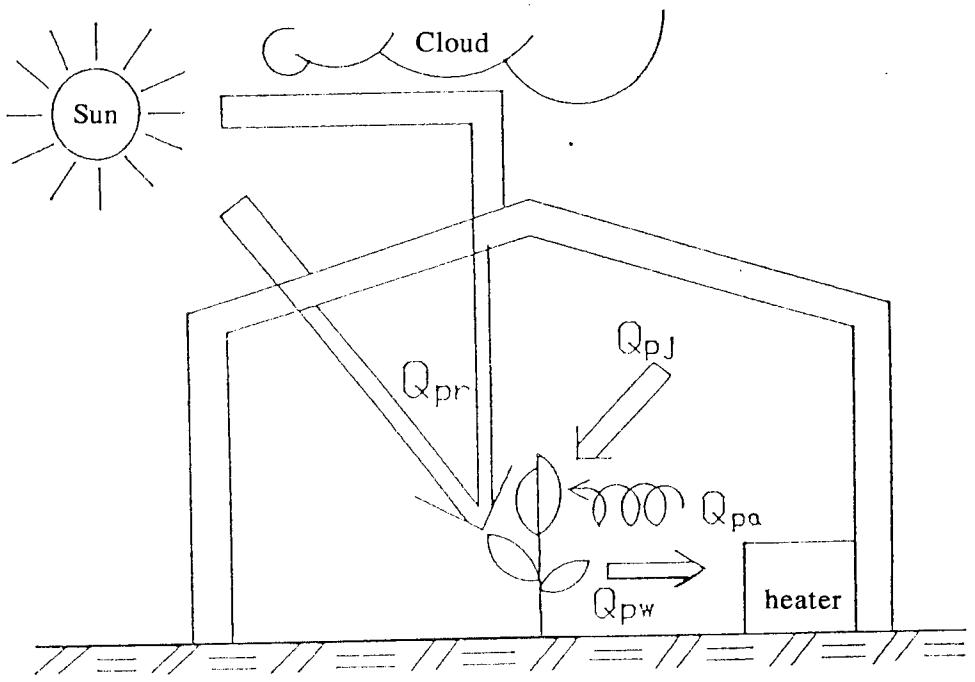



**圖5－3 植物葉表面之能量平衡圖**

⑵葉面所吸收之輻射量

$$Q_{pr} = \rho_p [\tau_g(t)\, Rsd(t) + \tau_s\, Rss(t)]\, f_s(t)\, A_p$$

⑶植物對被覆材料、土壤、加熱器等之輻射熱交換

$$Q_{pj} = \Sigma\, \varepsilon_p \varepsilon_j\, \eta_{pj}\, \sigma C_{pj} [\theta_j(t) - \theta_p(t)]\, A_p$$

⑷植物對空氣之潛熱傳遞

$$Q_{pw} = \frac{\rho\, \mu}{r_l(t) + r_a} [Ws(\theta_p) - Win(t)]\, 2\, A_p$$

由⑴～⑷可知植物葉表面之能量變化爲

$$C_{pl}\, V_p \frac{d\theta_p(t)}{dt} = Q_{pa} + Q_{pr} + Q_{pj} - Q_{pw}$$

5－2－5 土壤之熱傳導能量平衡

爲簡化模式，如圖5－4將土壤以適當之大小切割分區討論，並有下列幾項假設：

(1)此模式爲二維之熱傳導模式，不考慮縱向之熱傳。

(2)地表層爲溫層，但溫室內外之地表溫度可不同。

(3)土壤溫度以Y軸爲中心，左古對稱分佈。

(4)$\triangle Y_6$下層爲恆溫層，終年溫度不變。

有了以上之假設我們即可分區的列出其熱傳方程式，由於區域太多，無法一一列舉，僅列出幾個做爲代表，其餘區塊依此類推。

(1)$\triangle X_5$ $\triangle Y_1$ 區域之熱傳方程式

$$Cs\ \triangle X_5\ \triangle Y_1\ \frac{d\theta is(t)}{dt} =$$

$$\{\frac{Ks}{(\triangle Y_1 + \triangle Y_2)/2}\ [\theta_{24}+\theta_{25}+\theta_{26}-3\theta is]\ \triangle X_5\ /3\}$$

$$+\ \{\Sigma\ \varepsilon s\ \varepsilon j\ \eta sj\ \sigma\ Csj\ [\theta j(t)-\theta is(t)]\ \triangle X_5\}$$

$$+\ \{h\ is(t)\ [\theta in(t)\ -\ \theta is(t)]\ \triangle X5\}$$

$$+\ \{\alpha s\ [\tau g(t)\ Rsd(t)\ +\ \tau s\ Rss(t)]\ fs(t)\ \triangle X_5\}$$

$$-\ \{\mu Km\ \xi is\ [Ws\ (\theta is)\ -\ Win\ (t)]\ \triangle X_5\}$$

(2)$\triangle X_5$ $\triangle Y$ (3)$\triangle X$ $\triangle Y$ 區域之熱傳方程式

$$Cs\ \triangle X_2\ \triangle Y_1\ \frac{d\ \theta os(t)}{dt} =$$

$$\{\frac{Ks}{(\triangle Y_2\ +\ \triangle Y_3)/2}\ [\theta_{25}\ (t)-\theta_{35}\ (t)]\ \triangle X_5\}$$

$$+\left\{\frac{Ks}{(\triangle Y_3+\triangle Y_4)/2}\left[\theta_{45}(t)-\theta_{35}(t)\right]\triangle X_5\right\}$$

$$+\left\{\frac{Ks}{(\triangle Y_4+\triangle Y_5)/2}\left[\theta_{34}(t)-\theta_{35}(t)\right]\triangle Y_3\right\}$$

$$+\left\{\frac{Ks}{(\triangle Y_5+\triangle Y_6)/2}\left[\theta_{36}(t)-\theta_{35}(t)\right]\triangle Y_3\right\}$$

(3)△X △Y區域之熱傳方程式

$$Cs\ \triangle X_2\ \triangle Y_1\ \frac{d\ \theta os\ (t)}{d\ t}=$$

$$\left\{\frac{Ks}{(\triangle Y_1+\triangle Y_2)/2}\left[\theta_{22}(t)-\theta_{23}(t)-2\theta os(t)\right]\triangle X_2/2\right\}$$

$$-\left\{\eta s\ Rls(t)\triangle X_2\right\}+\left\{\alpha s\left[R\ sd\ (t)+R\ ss(t)\right]\right\}\triangle X_2$$

$$-\left\{h\ os\ (t)\left[\theta ou\ (t)-\theta os\ (t)\right]\triangle X_2\right\}$$

$$-\left\{\mu\ K\ m\ \xi os\left[Ws\ (\theta os)-W\ ou\ (t)\right]\triangle X_2\right\}$$

以此方式考慮區域之熱傳方程式，共可列出二十多個相關方程式，若區塊分割越細則方程組更多，但所幸交由電腦處理，不致太過麻煩。

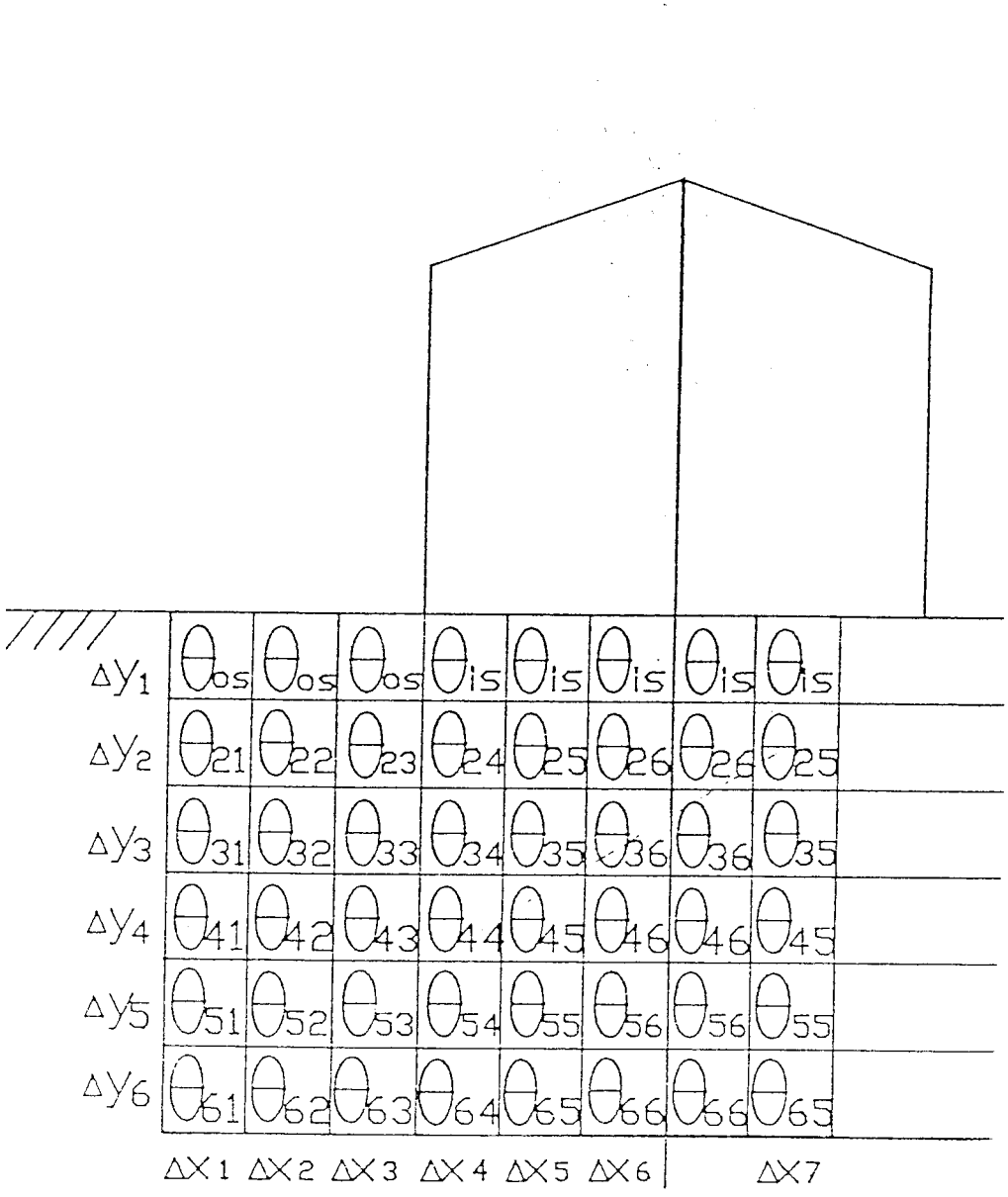



圖5－4 土壤之熱傳導能量平衡圖

## 5－3 模式計算流程圖

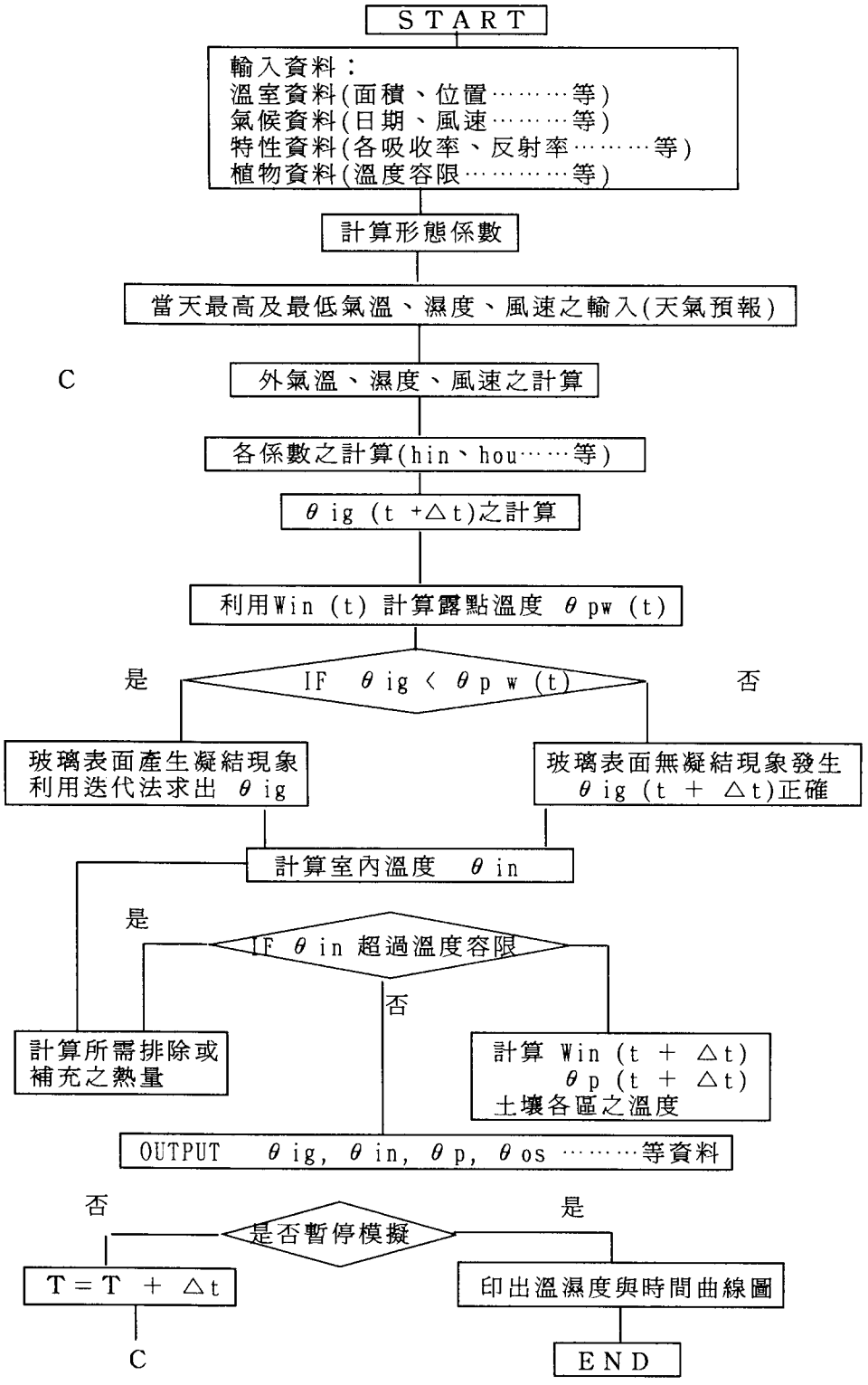



圖5.5 模式計算流程圖

# 6.溫室內溫濕度模擬實驗之計測

## 6－1 施測目的

利用儀器觀測溫室微氣候環境，以便作爲溫室內溫濕度模擬模式之驗證及修改。

## 6－2 實驗場所

園藝系附設農場之洋香瓜簡易溫室。

## 6－3 施測項目

(1)溫度－溫室微氣候中熱量平衡最重要、明顯的指標。

(2)濕度－溫室微氣候中水汽平衡最重要、明顯的指標。

(3)日射量－溫室熱量的主要來源。

(4)風速－通風換氣、熱對流的要因之一。

(5)溫室大小尺寸、方位、測點分佈位置。

(6)透過率－透過被覆材料到達溫室內部能量之因子。

(7)外氣候－包括溫度、濕度、風速、日射量等條件以做比對之用。

(8)土壤溫度－土壤熱平衡之指標。

(9)植物葉溫－植物熱平衡之指標。

## 6－4 按裝

### 6－4－1 系統按裝

感測器、資料蒐集機、電腦及貯存機等構成計測系統示如圖6－1所示：

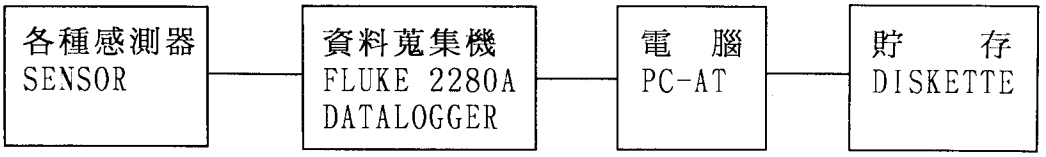
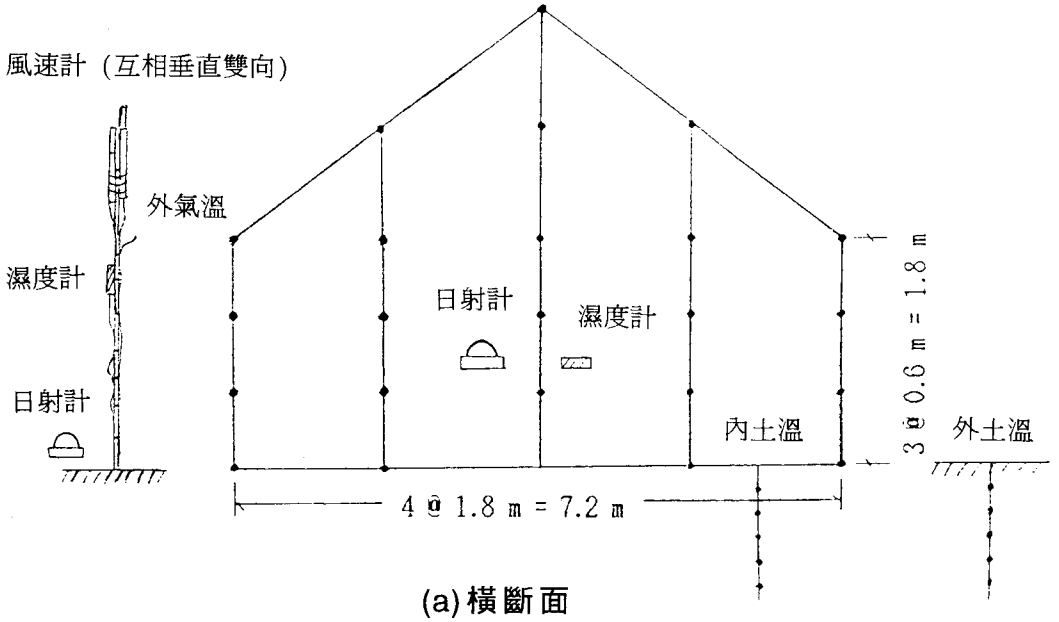


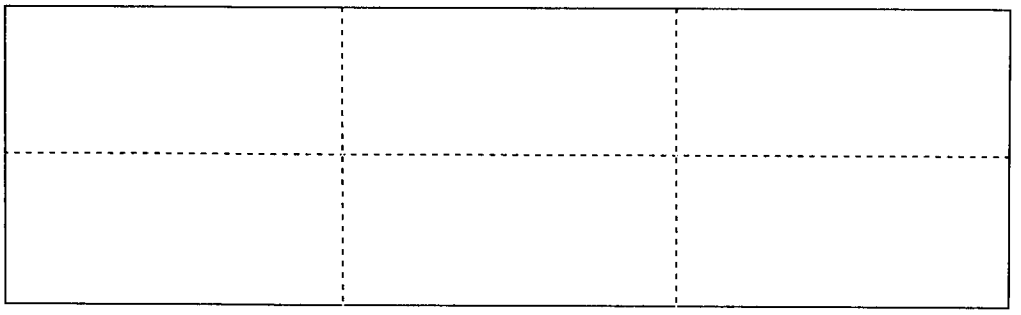

圖6－1 計測儀器系統

6－4－2 測點之按裝(感測器部份)

各測點之布置示於圖6－2




(a)橫斷面




(b)縱斷面

圖6－2 測點布置圖 (a) 橫斷面 (b) 縱斷面

### 6－5 內業

等溫線圖之繪製採用電腦等溫線繪製的套裝軟體來繪圖，此套裝軟體之名稱爲SURFER Access System Version 3.00 Copyright (c) Golden Software Inc., 1987.

### 6－6 討論

⑴由於本模式在發展之初較忽略周圍建物對溫室的遮蔽及輻射之影響，並以單棟溫室之熱傳爲模擬主體，且考慮內外土壤深層的熱傳效應，故實驗場所之選定應以單棟爲宜，且周圍空曠、溫室內外爲土壤地面可測得土壤深層土溫者。

⑵本模式是在"均質"的假設下所建立的，故對溫室內之溫濕度測點應監可能增設，以增加平均值的代表性，並對溫室邊界的溫濕度加以考慮，如圖6-2所示溫室內溫度測點高達80點，分爲 2個邊斷面及2個中央斷面。

⑶對於濕度及土溫由於儀器的限制，內外濕度各取一點，內外土溫各5點，然亦選擇最具代表性的位置施測。

## 7.實測資料之處理方式

本模式是建立在"均質"的假設之上，故在能量平衡後，不論是被覆材料、室內空氣、室內濕度、植物溫度及土壤區塊都處於"均溫狀態"，即被覆材料、室內空氣、室內濕度、植物溫度及土壤區塊僅各由一物理量來表示，此與實際情形不同，溫室內的空氣溫度相當不均一，故必需將實測值做一分析整理。

### 7－1橫斷面平均溫度之計算

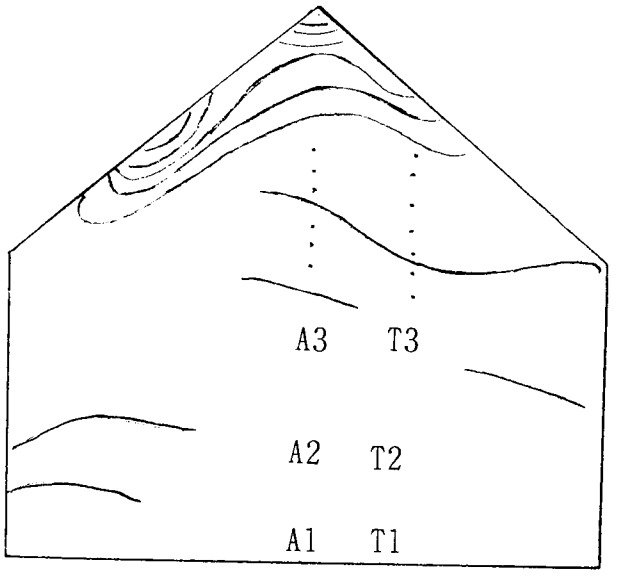



**圖7－1 等溫線圖**

如上圖所示，依均衡狀態的假設應用至溫室橫斷面平均溫度之計算可知，橫斷面之平均溫度可以面積的加權比爲代表

$$T=\frac{A1T1+A2T2+\cdots\cdots+AnTn}{A1+A2+A3+\cdots\cdots+An} \qquad (7\text{-}1)$$

其中A1、A2……An爲由等溫線所構成之不同溫度區塊的面積，此面積可由求積儀求出；而T1 、T2……Tn爲各區塊之溫度，此溫度爲上下等溫線之平均值。

## 7－2 溫室內平均室溫之計算

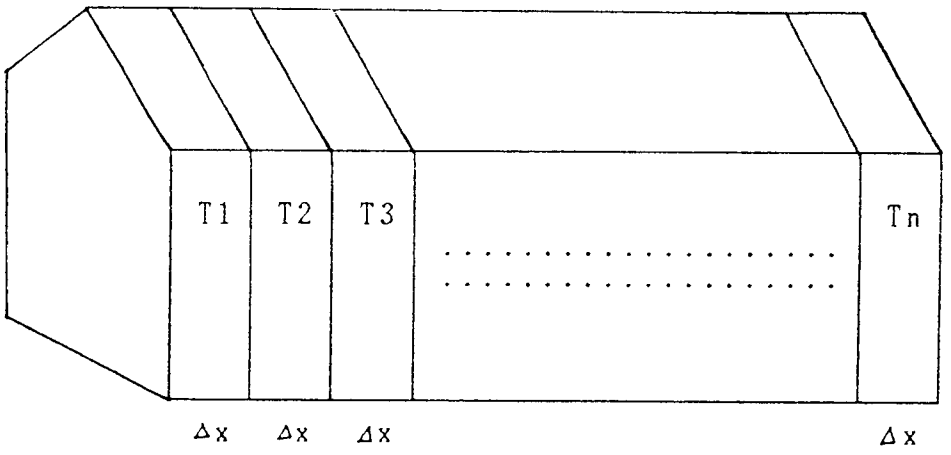



**圖7－2 溫室切割圖**

依照7－2之方式計算出各橫斷面的平均溫度，如圖中之T1……Tn，若所截取的各橫斷面之厚度均爲△X，則由於橫斷面面積均相同，故可得溫室內之平均溫度爲

$$T = \frac{T1 + T2 + \cdots\cdots + Tn}{n} \qquad (7-2)$$

其中T1、T2……Tn爲由(7－2)式所求出之各橫斷面溫度，n爲橫斷面截割個數。

## 7－3 溫室平均溫度計算結果

將電腦所繪出之等溫線圖，利用求積儀求出各斷面各溫度區塊之面積，代入(7－1)式計算出各斷面之平均溫度，再將各斷面之平均值及厚度代入(7－2)式求出溫室內溫度的平均值，其結果如表7－1所示

表7－1 溫室內空氣平均值計算結果

| 時間 | 斷面平均溫度 | | | | 溫室平均溫度 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 斷面 1 | 斷面 2 | 斷面 3 | 斷面 4 | |
| 1 | 25.70 | 25.70 | 25.80 | 25.60 | 25.72 |
| 2 | 27.40 | 27.60 | 27.90 | 27.60 | 27.67 |
| 3 | 27.10 | 27.00 | 27.30 | 27.20 | 27.15 |
| 4 | 27.00 | 27.00 | 27.00 | 26.80 | 26.97 |
| 5 | 27.40 | 27.50 | 27.60 | 27.30 | 27.48 |
| 6 | 27.50 | 27.40 | 27.60 | 27.40 | 27.48 |
| 7 | 32.80 | 32.30 | 32.00 | 33.40 | 32.47 |
| 8 | 32.90 | 32.90 | 32.60 | 33.30 | 32.87 |
| 9 | 35.00 | 33.90 | 34.00 | 34.60 | 34.23 |
| 10 | 37.40 | 37.00 | 37.10 | 36.20 | 36.97 |
| 11 | 36.90 | 37.00 | 37.90 | 39.70 | 37.73 |
| 12 | 36.60 | 37.70 | 37.50 | 38.70 | 37.62 |
| 13 | 39.50 | 39.30 | 40.30 | 40.60 | 39.88 |
| 14 | 36.60 | 36.60 | 36.60 | 38.90 | 36.98 |
| 15 | 36.10 | 36.00 | 37.10 | 38.20 | 36.75 |
| 16 | 36.20 | 35.20 | 35.20 | 35.90 | 35.48 |
| 17 | 35.70 | 34.70 | 34.40 | 34.80 | 34.78 |
| 18 | 31.10 | 31.10 | 31.10 | 31.30 | 31.13 |
| 19 | 30.00 | 30.20 | 30.20 | 30.30 | 30.18 |
| 20 | 29.40 | 29.60 | 29.70 | 29.50 | 29.58 |
| 21 | 28.30 | 28.50 | 28.60 | 28.70 | 28.53 |
| 22 | 27.70 | 27.60 | 28.00 | 27.60 | 27.75 |
| 23 | 28.20 | 28.40 | 28.50 | 28.40 | 28.40 |
| 24 | 28.00 | 28.00 | 28.20 | 28.10 | 28.08 |

## 7－4 討論

(1)由(7－1)式及(7－2)式可知△X必需趨於零，亦即 n 趨於無限大，所求出的平均溫度才趨於均衡狀態時的空氣溫度，由於熱電偶線及儀器的限制，僅能切割四個斷面，故所求出之平均值爲近似值。

⑵若每區塊之厚度不同則(7－2)式須改爲

$$T=\frac{X1T1+X2T2+\cdots\cdots+XnTn}{X1+X2+X3+\cdots\cdots+Xn}$$

本實驗所截取之斷面厚度即不相同，各爲 5、10、10、5公尺。

## 8.模式模擬

本模式之模擬步驟如流程圖所示，須先輸入資料(包括溫室、氣候、植物、熱傳特性等資料)如後。

### 8－1 模擬之資料輸入

| | |
|---|---|
| ⑴溫室所在地之緯度 | +25.00度 |
| ⑵溫室所在地之經度 | +121.0度 |
| ⑶溫室所在地之海拔 | +15 公尺 |
| ⑷模擬日期 | 6 月28日 |
| ⑸開始模擬時間 | 0 時30分 |
| ⑹模擬結束 | 29日 1時 |
| ⑺模擬時間間隔 | 2.5分 |
| ⑻雲量係數(晴天) | 0.01 |
| ⑼模擬當天最高氣溫 | 37.5℃ |
| ⑽模擬當天最低氣溫 | 24.6℃ |
| ⑾模擬當天最高相對濕度 | 91.553 |
| ⑿模擬當天最低相對濕度 | 32.535 |
| ⒀模擬當天最大風速 | 3.526 M/S |
| ⒁模擬當天最小風速 | 0.124 M/S |
| ⒂植物最大葉內層水汽擴散阻力係數 | 0.235 HR/M |

| | |
|---|---|
| ⑯植物最小葉內層水汽擴散阻力係數 | 0.038 HR/M |
| ⑰洋香瓜簡易溫室之尺寸： | |
| 棟深度 | 30公尺 |
| 棟寬度 | 7.2公尺 |
| 簷　高 | 1.75公尺 |
| 屋頂高度 | 3.3 公尺 |
| ⑱空氣密度 | 1.2 kg/M |
| ⑲熱對流係數： | Kcal/m2.hr.℃ |
| 被覆材料內表面之對流係數 | 4.0 |
| 室內土壤與空氣之對流係數 | 4.0 |
| 植物與空氣之對流係數 | 4.0 |
| 室外土壤表面之對流係數 | 6.0 |
| ⑳吸收率： | |
| 被覆材料之吸收率 | 0.15 |
| 植物之吸收率 | 0.75 |
| 土壤之吸收率 | 0.75 |
| ㉑熱容量(比熱)： | Kcal/M3 |
| 空氣之熱容量 | 0.29 |
| 植物之熱容量 | 1000.0 |
| 土壤之熱容量 | 700.0 |
| ㉒熱傳導係數： | Kcal/M.hr.℃ |
| 被覆材料之熱傳導係數 | 0.68 |
| 土壤之熱傳導係數 | 1.51 |
| ㉓水汽質量傳遞係數 | 17.8 Kcal/m2.hr |
| ㉔被覆材料厚度 | 0.002M |

| | |
|---|---|
| ㉕長波輻射率(射出率)： | |
| 被覆材料輻射率 | 0.6 |
| 植物之輻射率 | 0.98 |
| 土壤之輻射率 | 0.98 |
| 加熱器之輻射率(無加熱器) | 0.0 |
| ㉖遮蔽係數 | 0.99 |
| ㉗反射率： | |
| 土壤之反射率 | 0.25 |
| 土壤及植物之反射率 | 0.25 |
| ㉘平均被覆材料之漫射透過率 | 0.75 |
| ㉙葉表面蒸發阻力係數 | 0.027 HR/M |
| ㉚凝結實驗常數 | 1.0 |
| ㉛土壤乾度實驗常數： | |
| 室內土壤乾度實驗常數 | 0.05 |
| 室外土壤乾度實驗常數 | 0.05 |

## 8－2 模擬結果資料輸出

民國78年 6月28日開始模擬

| 時間 | 溫室溫度 | 室外氣溫 | 溫室濕度 | 室外濕度 | 32層地溫 | 35層地溫 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 26.103 | 26.174 | 89.015 | 88.407 | 26.998 | 26.706 |
| 2 | 25.734 | 25.739 | 89.587 | 89.293 | 26.994 | 26.717 |
| 3 | 25.357 | 25.304 | 90.157 | 90.178 | 26.989 | 26.724 |
| 4 | 25.045 | 24.952 | 90.399 | 90.585 | 26.983 | 26.728 |
| 5 | 24.871 | 24.776 | 90.843 | 91.069 | 26.976 | 26.730 |
| 6 | 25.225 | 25.117 | 90.308 | 90.582 | 26.969 | 26.728 |
| 7 | 26.883 | 26.562 | 84.521 | 85.678 | 26.961 | 26.724 |
| 8 | 29.391 | 28.618 | 74.519 | 77.076 | 26.953 | 26.717 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 32.422 | 31.367 | 62.221 | 64.729 | 26.946 | 26.711 |
| 10 | 35.359 | 34.211 | 48.467 | 49.656 | 26.942 | 26.708 |
| 11 | 37.341 | 35.973 | 39.191 | 39.753 | 26.941 | 26.711 |
| 12 | 38.610 | 36.983 | 34.069 | 34.382 | 26.946 | 26.725 |
| 13 | 40.117 | 37.500 | 32.533 | 32.535 | 26.959 | 26.751 |
| 14 | 40.754 | 37.077 | 34.039 | 36.035 | 26.981 | 26.791 |
| 15 | 40.317 | 35.973 | 37.726 | 42.108 | 27.017 | 26.846 |
| 16 | 38.555 | 34.234 | 43.629 | 50.093 | 27.067 | 26.915 |
| 17 | 35.819 | 32.495 | 51.928 | 58.131 | 27.132 | 26.996 |
| 18 | 33.224 | 30.569 | 61.366 | 67.958 | 27.209 | 27.085 |
| 19 | 31.601 | 29.182 | 68.304 | 75.813 | 27.295 | 27.179 |
| 20 | 30.647 | 28.500 | 72.278 | 79.522 | 27.387 | 27.274 |
| 21 | 29.872 | 27.925 | 75.445 | 82.556 | 27.483 | 27.367 |
| 22 | 29.216 | 27.443 | 78.066 | 84.949 | 27.579 | 27.457 |
| 23 | 28.648 | 27.032 | 79.683 | 86.179 | 27.675 | 27.542 |
| 24 | 28.251 | 26.792 | 82.960 | 89.209 | 27.769 | 27.620 |

結束模擬

## 8－3 風速及植物葉內層水汽擴散阻力係數之迴歸方程式

$F(X)=K0+K1X+K2X^2+K3X^3+K4X^4+K5X^5+K6X^6+K7X^7$

風速模擬回歸方程式

K0＝ 6.7937251108986E－001　K1＝ 5.4385459543127E－002

K2＝ 2.9947350344903E－002　K3＝-6.8967124101296E－003

K4＝ 2.3028934650368E－004　K5＝ 1.5235646617787E－005

K6＝-1.1362392599692E－006　K7＝ 1.8804883842276E－008

植物葉內層水汽擴散阻力係數模擬迴歸方程式

K0＝ 9.5840372671688E－001　K1＝ 9.1454907620352E－003

K2＝-4.4711248790424E－002　K3＝ 6.1154049160433E－003

K4＝-2.5373927454574E－004　K5＝-6.1789697782135E－006

K6＝ 7.2386611932962E－007　K7＝-1.3942263375990E－008

## 8－4 討論

⑴本模擬程程式分爲三部份：1)求形態係數程式 2)迴歸及繪圖程式 3)主系統程式；故在模擬前須先將溫室各面間之形態係數及外氣溫、濕度、風速、植物擴散阻力係數計算迴歸後，再代入主程式模擬。

⑵由於外氣溫及濕度經迴歸後不甚理想，故將主程式改爲直接將標準曲線的比例係數代入插值計算之方式，使模擬結果更準確。

⑶本模擬程式之好處之一是若覺得所使用之迴歸方程式不盡理想可隨時抽換較理想之迴歸方程或改爲括值方式來模擬。

## 9.結果與討論

將實測值依第 7章之方法求出溫室內溫度的近似平均值及外氣溫、濕度、土壤溫度等實測值與模式所模挨之結果，用 LOTUS 123 繪出各變化圖來比較，其結論如下：

### 9－1初步結論

⑴圖9－1爲宙測外氣溫與模擬外氣溫之比較，由於實測值是瞬時的溫度值，故呈鋸齒狀分佈，而模擬值是由歷年平均外氣溫標準曲線所模擬的故較平滑連續，然縱觀全圖其變化趨勢非常接近，誤差在0～3℃左右，且最大誤差並非發生在最高或最低點，準確性相當高。

⑵圖9－2爲實測外氣相對濕度與模擬值之比較，同理實測值爲瞬時呈鋸齒狀分佈，而模擬值較平滑連續，誤差在0～30％左右，一般而言，台灣屬海島型氣候，外氣濕度變化原本就較大，故較難用歷年資料來模擬，然對兩曲線之走勢而言仍相當具有可靠性，且誤差最大值發生在凌晨 7點至10點左右，對溫室或植物並無太大

之妨礙。

(3)圖9－3爲溫室內溫度實測值與模擬值之比對，由圖中可看出在11點以後模擬值較實測值高，而在凌晨太陽出來前模擬值較實測值低，此正符合本模式的"預警"目的，而俱觀圖9－1及圖9－3可發現，溫室內溫度模擬誤差較大之點正好是外氣溫模擬誤差較大之點，由此可佑模擬值受外氣溫模擬值影響很大，且深信若以更準確(多年資料)的外氣溫來模擬將可得到更準確的結果，然若去除因外氣溫模擬誤差之部份，本模式仍相當準確。

(4)再由圖9－3可發現在凌晨2～6點之模擬值較外氣溫爲低，而實測值卻較外氣溫高，此現象是因本模式之發展主要是以玻璃被覆材料爲對象，故模擬值在夜間輻射冷卻效應較顯著，而實測值因溫室被覆材料爲塑膠布夜間仍可有長波輻射的能量，故輻射冷卻不明顯，而較外氣溫爲高。

(5)圖9－4爲溫室內相對濕度模擬值與實測值之比較，同理誤差之來源大部份來自外氣相對濕度的模擬誤差，若以較準確(多年資料)的外氣相對濕度代入，將可得到更正的結果，然從其走勢及中午12點後之資料顯示，模擬之準確度很高，誤差0～5%左右。

(6)圖9－5爲土壤32區塊之溫度比較圖，圖9－6爲土壤35區塊之溫度比較圖，由於深層土壤之溫度變化本就不大，故所模擬之土溫與實測值相差僅0.5℃以內，然此亦說明本模式對土壤之假設可行。

(7)本模式在應用時需以當地氣象台之多年溫度及濕度資料繪製溫濕度日變化標準圖，以早期就有觀測及氣象站密度高之本省以求得Ci及Di值應無問題，但若將之用於無氣象觀測站之區域則應先觀測一段時間，才能應用本模式。

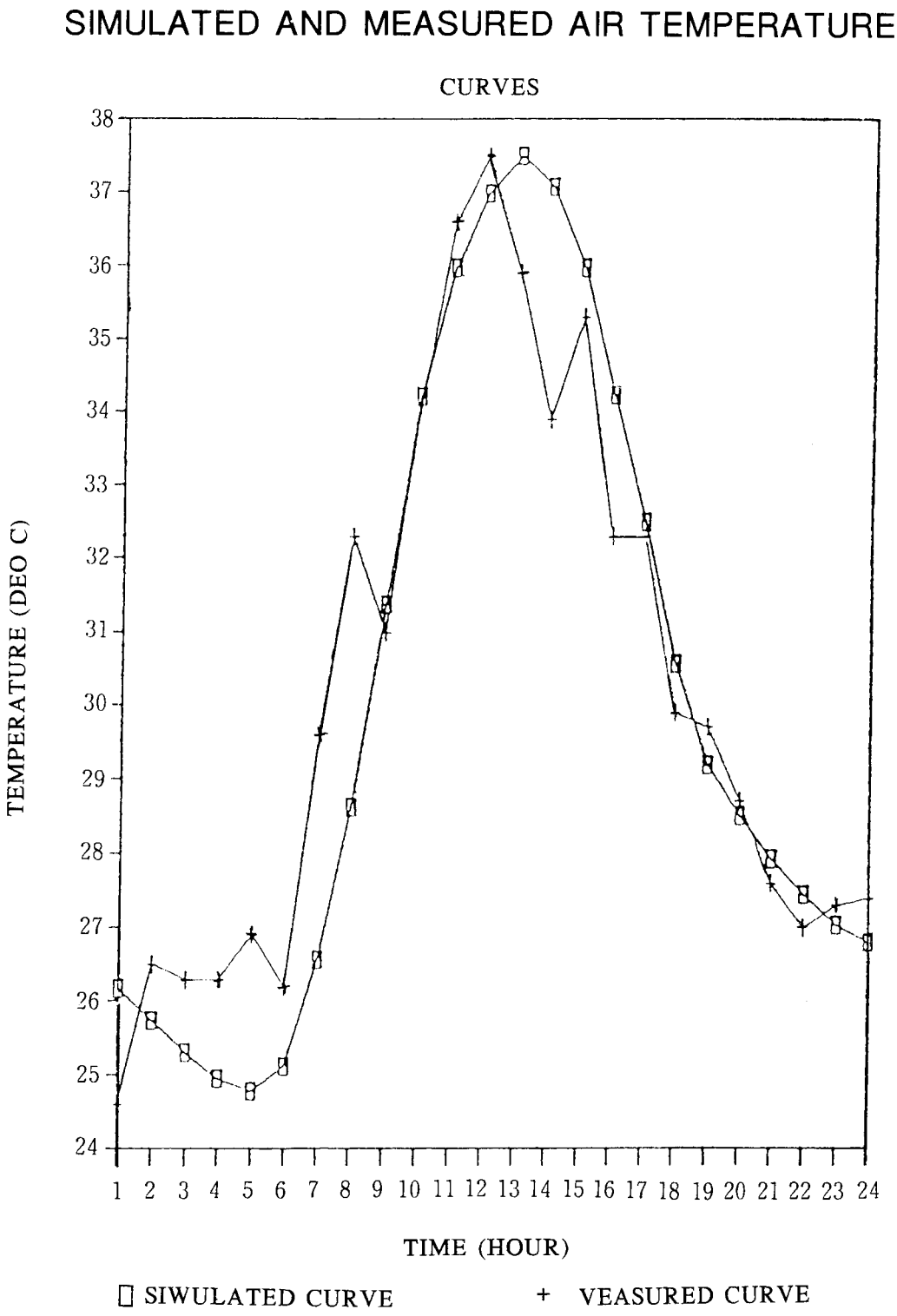



圖9－1 外氣溫實測與模擬值之比較

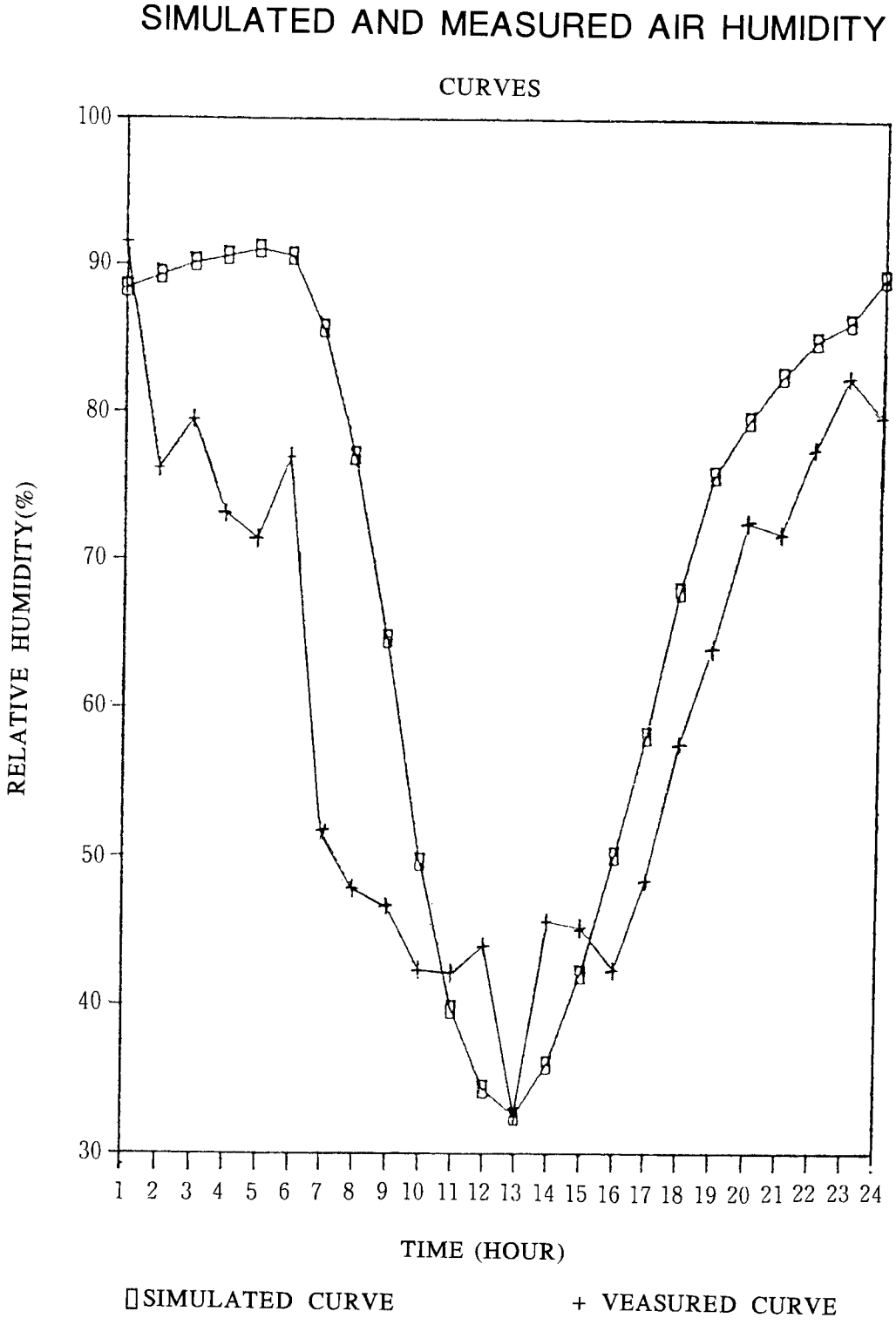



圖9－3 溫室內溫度實測值與模擬值之比較

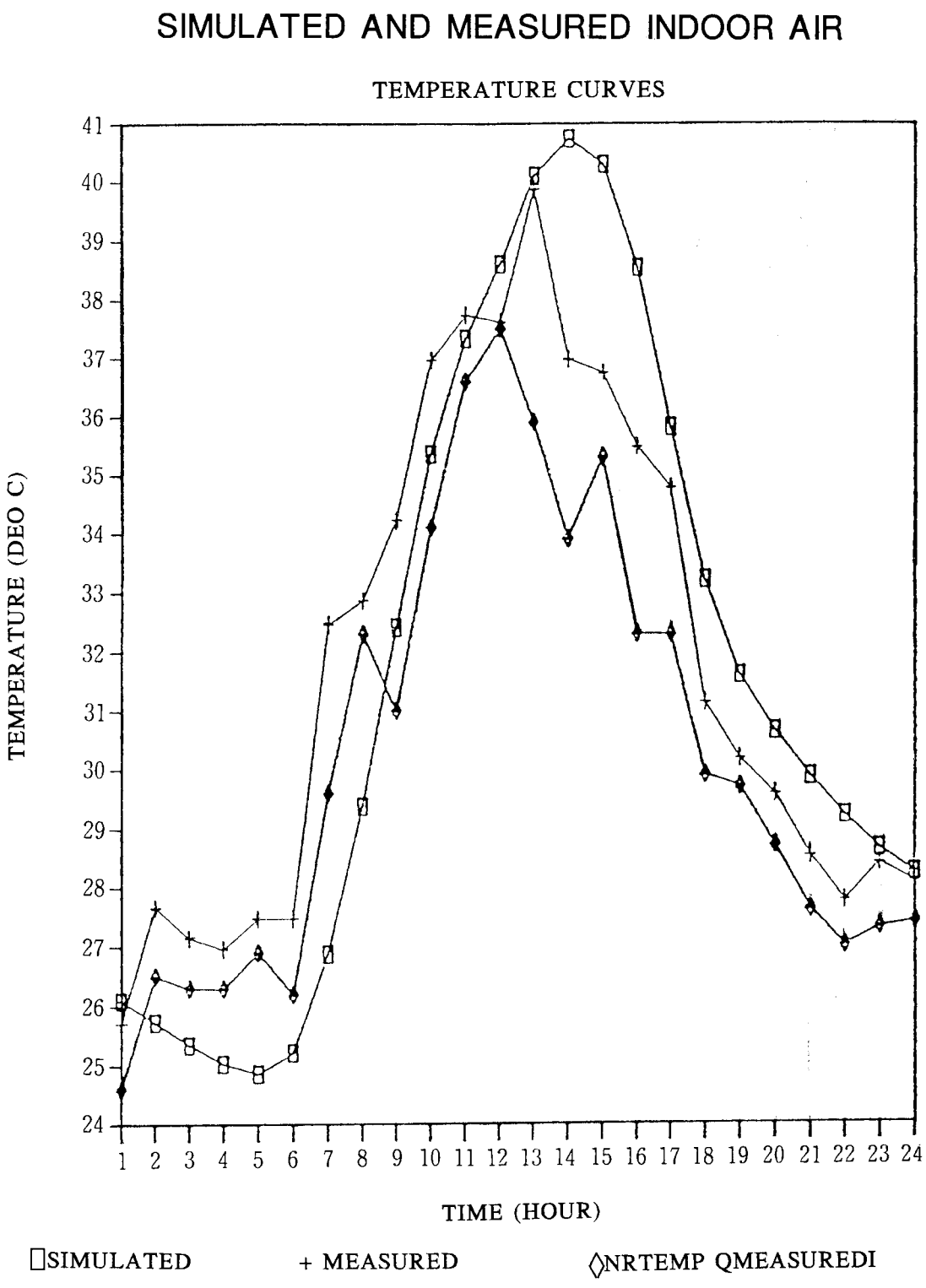



圖9－4 溫室內相對濕度模擬值與實測值之比較

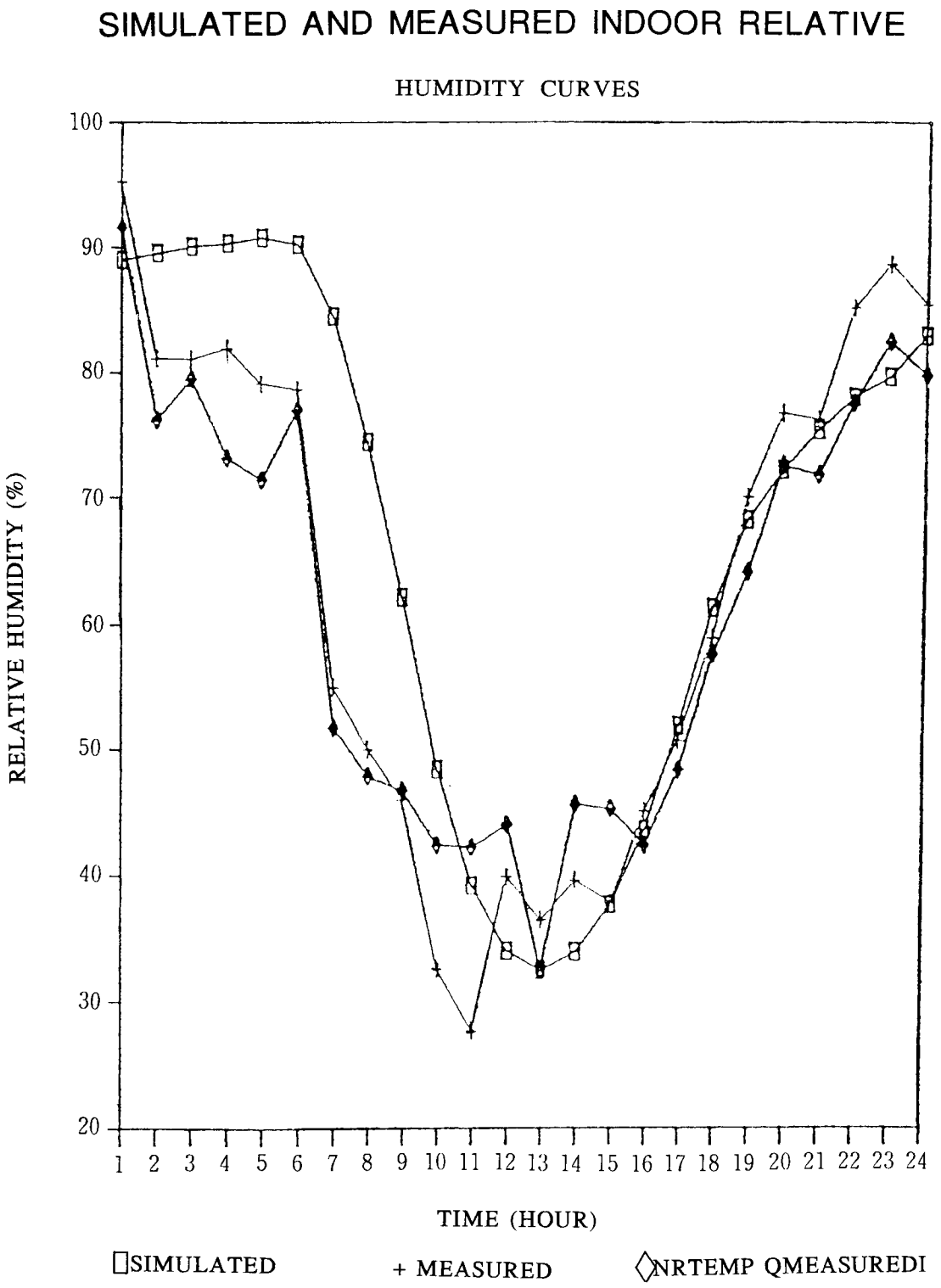



圖9－5 土壤32區塊之溫度比較圖

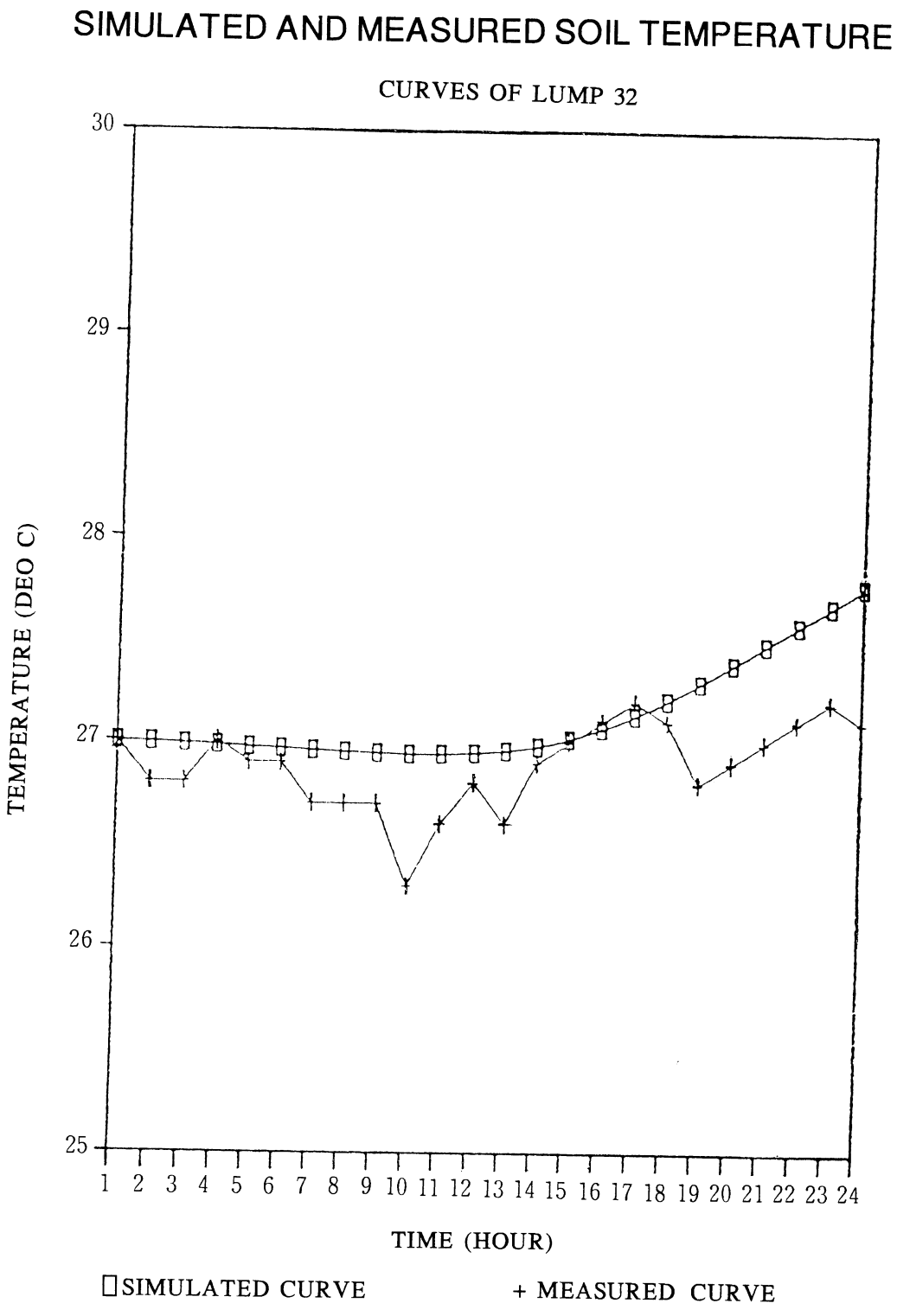



圖9－6 土壤35區塊之溫度比較圖

## 9－2 外氣候應答式之結果討論

由初步之結果可知溫室內溫度與濕度模擬的主要誤差來自外氣溫、濕度的模擬，故在本節將改變外氣候標準曲線，以實測當天的外氣溫、濕度的標準曲線取代歷年的標準曲線來模擬驗証，以做爲日後應答式自動化控制系統發展之參考，其結果如下：

(1)圖9－7爲以當天之外氣溫標淬曲線所模擬的值與實測值之比對，可發現精確相當高幾乎重合。

(2)圖9－8爲以當天之外氣相對濕度標準曲線所模擬的值與實測值之比對，同理亦幾乎重合。

(3)圖9－9爲應答式之溫室內溫度模擬比較，由圖中可看出準確度大大提高，全天最大誤差約3℃以內。

(4)圖9－10爲應答式之溫室內濕度模擬比較，亦可由圖中看出準確度提高一半以上，全天最大～差約15%以內。

(5)由此可知本模式之精確度很高，且精確度隨外氣溫、濕度之標準曲線精度提高而提高。

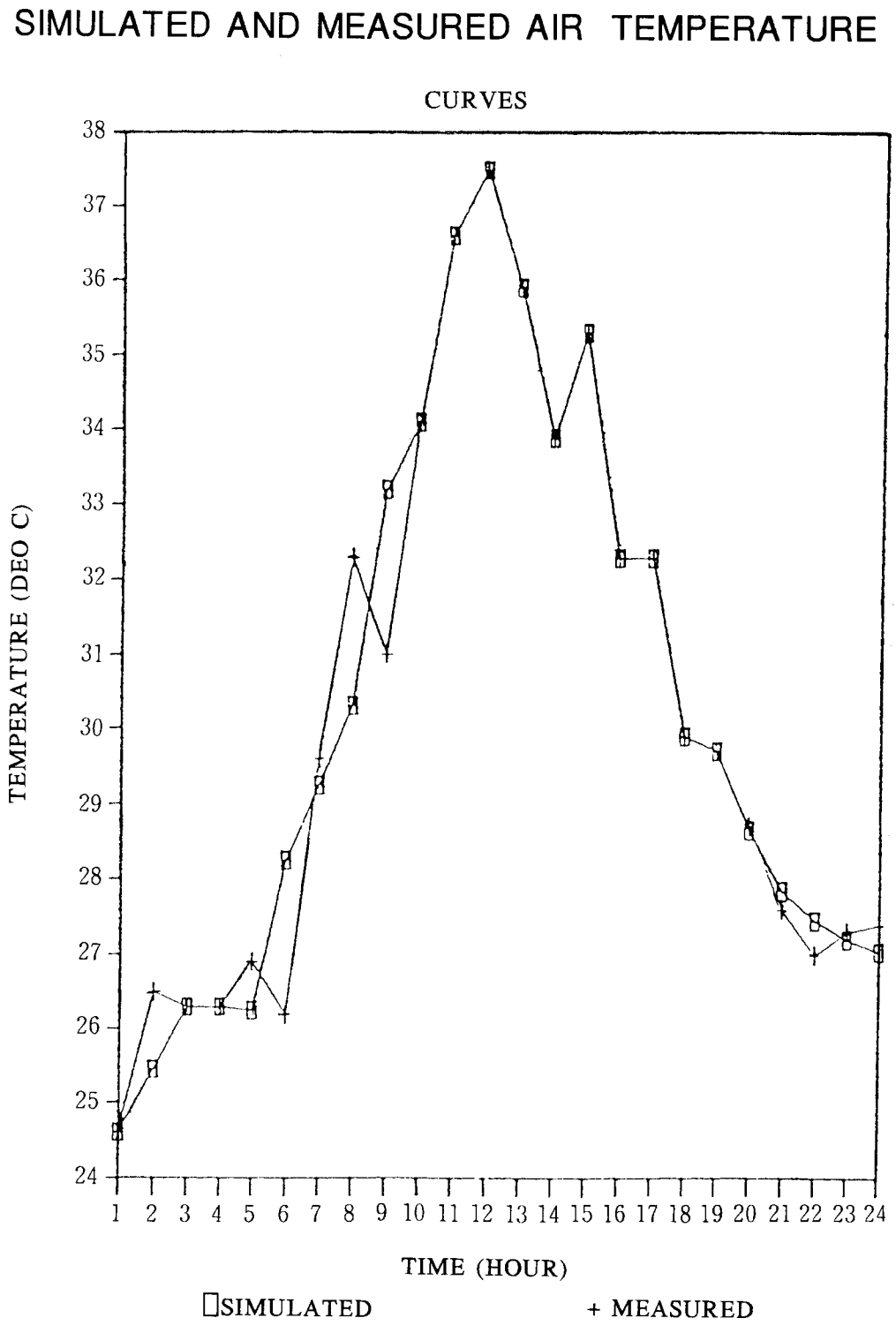



圖9－7 應答式之外氣溫變化曲線

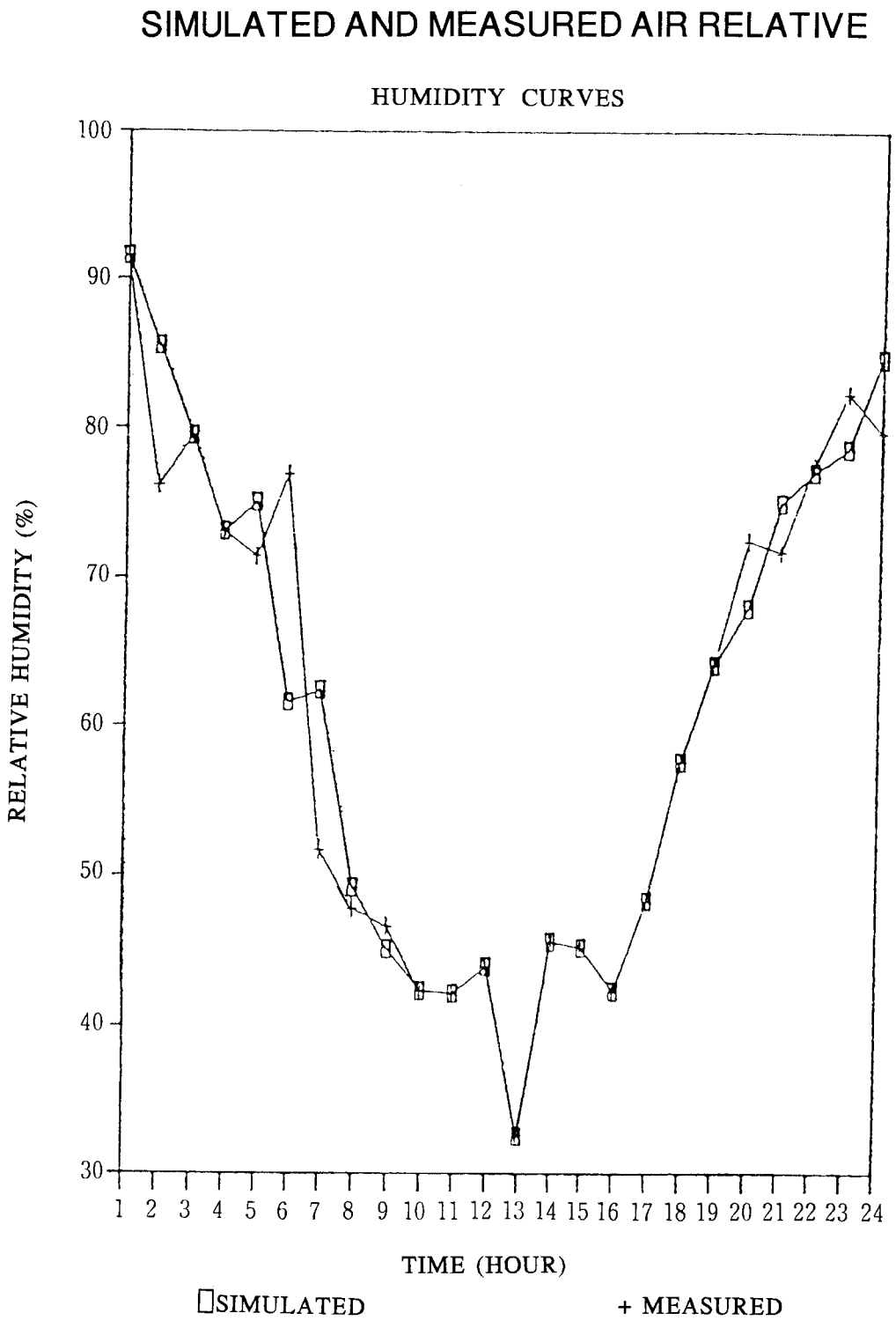



圖9－8 應答式之外氣相對濕度變化曲線

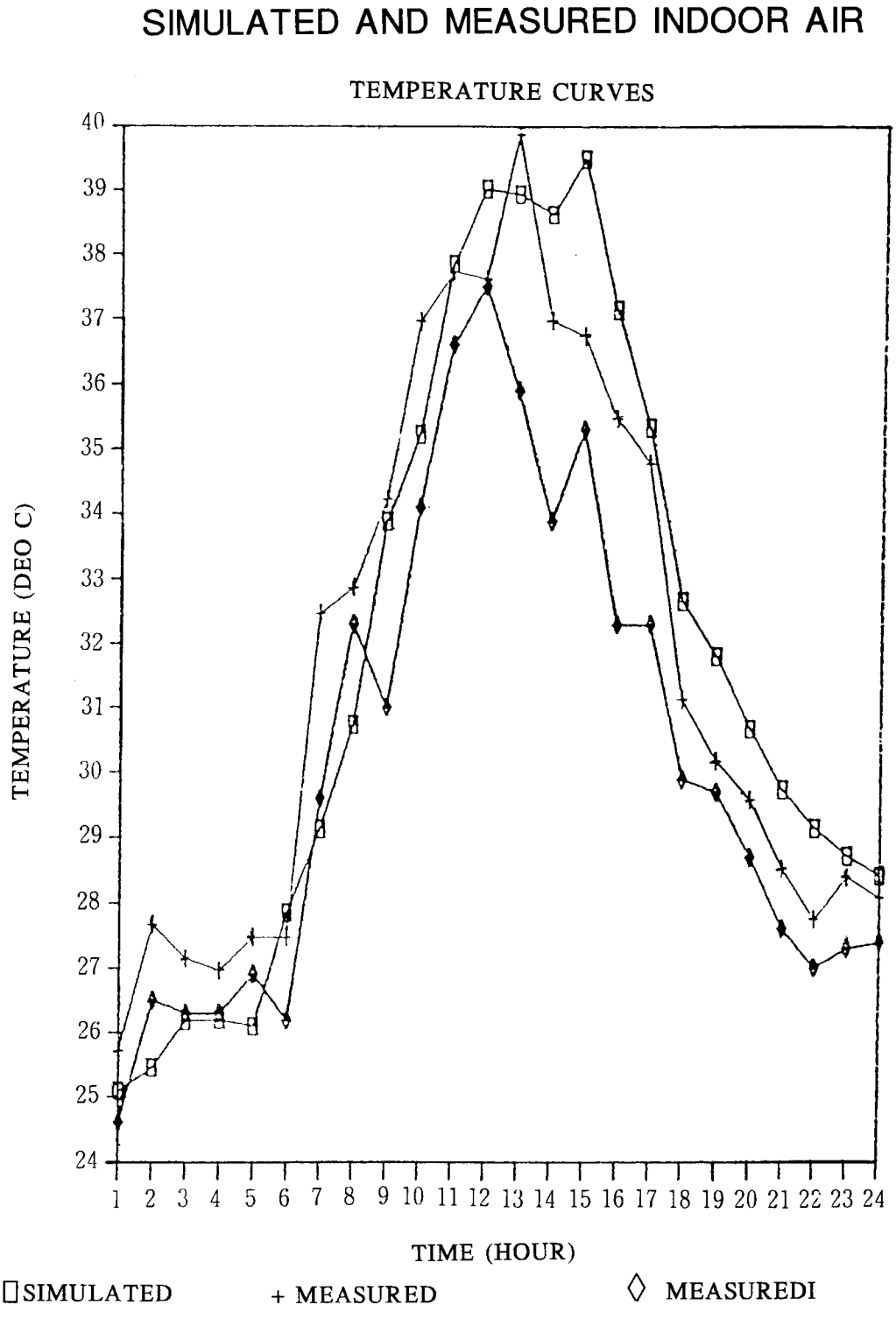



圖9－9 應答式之溫室內溫度模擬比較

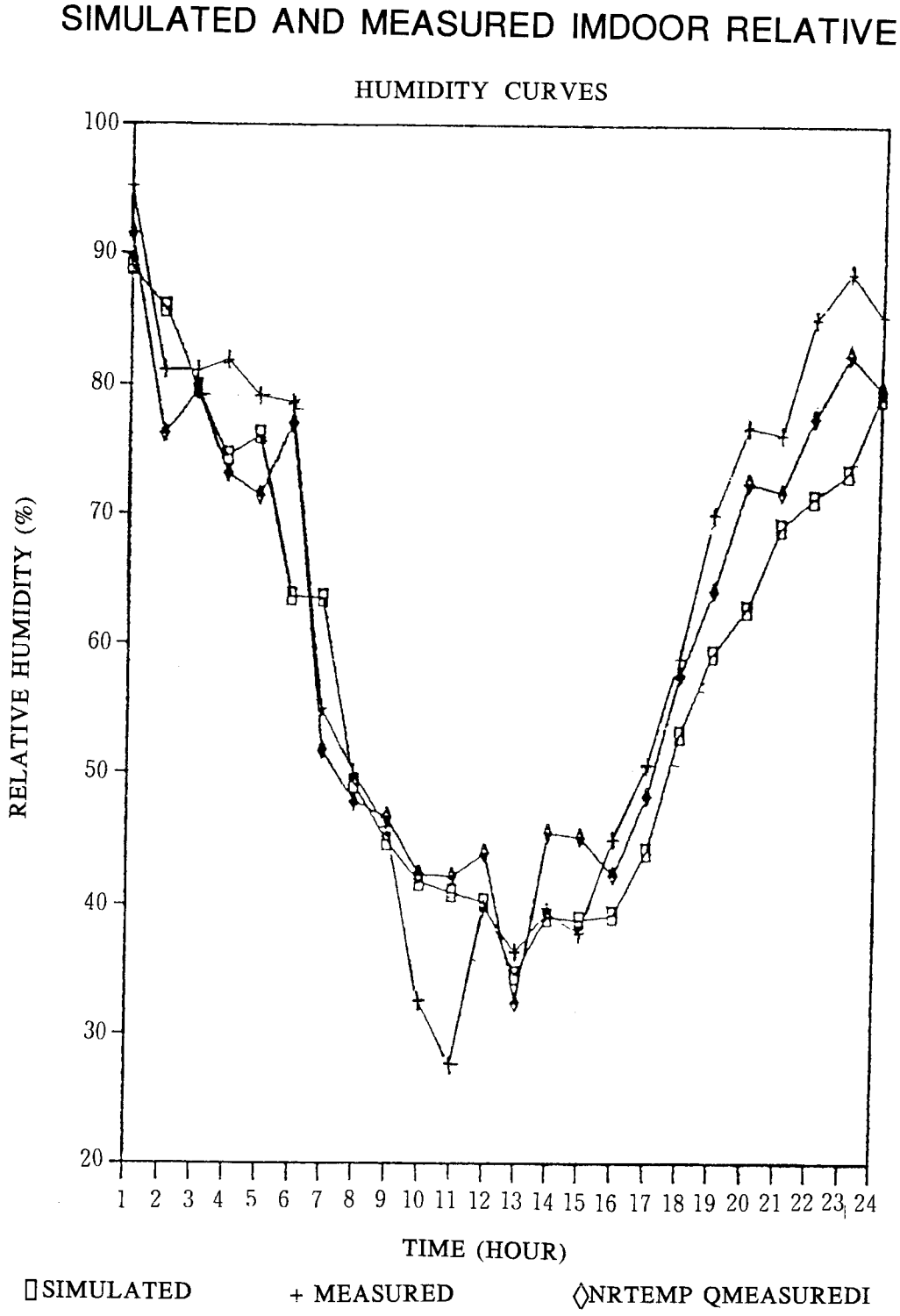



圖9 - 10 應答式之溫室內相對濕度模擬比較

## 誌　　謝：

本文之得以完成承蒙國科會(NSC 77-0409-B002-95)以農委會〔79-農建-71-糧-107-(15 )〕之全部金額支助。本研究室(農業設施研究室)歷屆研究生通力合作計測，尤其邱文山同學在電腦程式方面項獻更多，本文才能完稿，在此特致謝忱。

## 10.參考文獻

⑴于若石，68年，畜舍內溫度與濕度控制設計模式之研究，台大農工所碩士論文，P13～49 。

⑵王鼎盛，77年，設施園藝設計手冊，行政院農業委員會補助，台大農工系農業設施研究室　編印，P199～263。

⑶王錦堂，66年，建築應用物理學，台隆書店，P183～197，P265～366，P401～408。

⑷公曉嵐、黃銘山　譯，76年，熱力學，乾泰圖書，P31～P87。

⑸郭魁士，74年，土壤學，中國書局，P409～571。

⑹陳寶玉　譯，75年，溫室管理，五洲，P17～53，P135～230。

⑺設施園藝研討會專集　76，6，P185～193，P125～143。

⑻黃文雄，67年，太陽能之應用及理論，協志工業叢書，P19 ～118，P126，P589。

⑼農業氣象　Vol 43 (2)，1987，P113～P120。

⑽楊春欽，毛迪　譯，74年，熱傳遞學，科技，P2～442，P495～513。

⑾賴鵬程，74年，太陽能系統分析與設計，全華科技圖書，P1～P43，P307～P323。

⑿蘇金佳　譯，71年，太陽能工程原理(上冊)，科技，P34～187。

⑬小倉祐幸，1985，被覆栽培の環境條解，日本農林統計協會，P38～54，P113～118。

⑭宇田川　光弘，1986，空氣調和計算法，日本才一社，P26 ～159。

⑮養輪雅好，1986，10，日本香川大學農學部紀要，第47號 "開放型畜舍の放射熱環境に關する研究"，P31～53，P75～92。

⑯藏田憲次，岡田益己，1984，環境工學入門，日本株式會社サイエンスハウス，P1～149。

⑰Avissar, R., and Mahrer, Y., 1982. Verification study of a numerical greenhouse microclimate model. Trans. ASAE, 25, 1711-1720。

⑱Bot, G.P.A.,1983. Greenhouse climate: From physical processes to a dynamic model. Doctor's dissertation, LH Wageningen, 240pp

⑲Businger, J.A., 1963. The glasshouse (greeenhouse) climate. In: Physics of Plant Environment (ed. by W.R. van Wijk). North-Holland Publ. Co., Amsterdam, 277 -318

⑳Chandra, P., Albright, L.D., and Scott, N.R., 1981. A time dependent analysis of greenhouse thermal environment. Trands. ASAE, 24, 442-449.

㉑Esmay, M. L. & J. E. Dixon, 1986, "Environmental Control for Agricultural B uildings", AVI Co. P1～285

㉒Froehlich, D. P., L. D. Albright, N. R., Scott, P. Chandra, 1979, Steady -per iodic analysis of glasshouse thermal evironment, Trans. of the ASAE, P387～398

㉓Gerald, C. F. and P. O. Wheatley, 1985, "Applied numerical analysis", P337～343, P247～326, P580～629

㉔Hiller,F.,1957.Warmehaushalt und Klimafaktoren des Gewachshauses.

Heiz. Luft. Haustechn., 8, 115-119., 153-157; 181-184; 201-204

(25) Kimball, B.A. 1973. Simulation of the energy balance of a greenhouse. Agric . Meteor. 11, 243-260

(26) Kindelan, M., 1980. Dynamic modeling of greenhouse environment. Trans. ASAE , 23, 1232-1239

(27) Lawrence, W.J.C., 1963. Science and the Glasshouse(3rd ed.). Oliver and Boyd, London, 183pp.

(28) Morris, L.G., and Winspear, K.W., 1954. The effect of solar radiation on measurement of glasshouse air temperature. Tech.Memo., No.102, 9pp., NIAE.

(29) )O'Flaherty, T., Gaffney, B.J. and Walsh, J.A., 1973. Analysis of the temperature control characteristics of heated greenhouse using an analog computer. J. agric Engng Res., 18, 117-132.

(30) Renard. W.,1956. Kunstoffe fur die Uberdeckung von Kulturflachen. Gartenwelt, 56, 249-253

(31) Siebert, L., and Renard, W., 1962. Warmebedarf von Gewachshausern. Heiz. Luft. Haustechn., 13 101-105.

(32) Soribe, F.I. and Curry, R.B., 1973. Simulation of lettuce growth in an air-supported plastic greenhouse. J.agric. Engng Res., 18, 113-140

(33) Sugi, J., and Takakura, T.1965. A fundamental study on the control of glasshouse. J. agric. Meteor., 20, 147-153.

(34) Takakura, T., 1967 and 1968. Predicting air temperatures in the gresshouse I and II. J. Meteor. Soc. Jap. 45, 40-52; 46, 36-43.

(35) Takakura, T., K. A. Jordan and L. L. Boyd, 1971, Dynamic simulation of plant growth and environment in the greenhouse, Trans. ASAE. P964～971

(36) Van Bavel, C.H.M., T.Takakura, and G.P.A.Bot., 1985, Global comparison of three greenhouse climate models, Acta Horticulturae 174, p21～33.

(37) Von Elsner, B. 1982. Das Kleinklima und der Warmever-brauch von gesch lossenen Gewachshausern. Inst. Tech. in Gartenbauund Landwirtschaft Univ. Hannover, He ft 12, 197pp.

(38) Whittle, R.M. and Lawrence, W.J.C., 1959 and 1960. The climatology of glassh ouse: I, II, III, IV, and V.J. agric. Engng Res., 4, 326-340; 5, 36-41; 5, 165-178; 5, 399-405

(39) Yabuki, K., and Imazu, T., 1961. Studies on the temperature control of glass house I. J. Jap.Soc. Hort. Sci., 30, 171-177.

## 附 錄 1. 符號說明

Ag ：被覆材料表面積〔$m^2$〕

Ah ：加熱器之表面積

Ap ：葉子表面積

As ：土壤之表面積

Asj ：表第 j塊被覆材料投射在溫室內土壤所佔之面積

Ca ：空氣之定壓比熱,0.25〔Kcal/$m^3$ ° K〕

Cgj ：被覆材料對 j物體之溫度積〔° $K^3$〕

Cpa ：乾燥空氣之比熱，約0.24

Cpl ：植物之比熱〔Kcal/$m^3$ ° K〕

Cpw ：濕空氣之比熱，約0.441

Cs ：土壤之比熱〔Kcal/$m^3$ ° K〕

E ：均時差

fs(t) ：遮蔽係數

h ：太陽高度

hih(t) ：加熱器之對流係數〔Kcal/$m^2$ hr℃〕

hin(t) ：被覆材料內表面之對流係數〔Kcal/$m^2$ hr℃〕

his(t) ：空內土壤之對流係數〔Kcal/$m^2$ hr℃〕

hou(t) ：材料外表面之對流係數〔Kcal/$m^2$ hr℃〕

h'ven(t) ：表單位被覆材料面積之通風量〔m/hr〕

j ：表被覆材料、植物、土壤、加熱器……等。

$j_0$ ：太陽常數約1164〔Kcal/$m^2$〕

Kg ：被覆材料之熱傳導係數〔Kcal/m hr ℃〕

Km ：水蒸氣質量傳導係數〔Kg/$m^2$ hr〕

Ks ：土壤之熱傳導係數〔Kcal/m hr° K〕

L ：經度(東經爲正，西經爲負)

Lg ：被覆材料之厚度〔m〕

Ls ：標準子午線經度(東經爲正，西經爲負)

N(t) ：換氣回數〔回數/hr〕

r ：地球與太陽間之平均動徑，其值約爲 1左右

ra ：葉表面蒸發阻力係數〔hr/m〕

risp ：溫室內地表之反射率

rl(t) ：葉內層水蒸氣擴散阻力係數〔hr/m〕

ros ：土壤之反射率

Rdd(t) ：直接日射量

Rlg(t) ：被覆材料名表面之長皮淨輻射量

Rsd(t) ：水平面直達日射量

Rss(t) ：漫射量

t ：表時角，直太陽時之正午爲0℃，午前爲負，午後爲正，一小時15℃，午前

t.a ：眞太陽時

ts ：標準時

$\mu$ ：水蒸氣蒸發或凝結之潛熱容量〔Kcal/Kg〕

Vg ：溫室內空氣體積〔$m^3$〕

Vp ：植物之體積

Win(t) ：室內空氣之比濕度

Ws($\theta$ ig) ：飽和比濕度

X ：絕對濕度，常溫時 X約0.03

$\alpha$ g ：被覆材料之吸收率

$\alpha$ p ：植物之吸收率

$\tau$ d(t) ：平均被覆材料透過率(受日照面)

$\tau$ g(t) ：平均被覆材料有效透過率

$\tau$ m ：大氣透過率

$\tau$ s ：平均被覆材料透過率

$\varepsilon$ g ：被覆材料之射出率

$\varepsilon$ j ： j物體之射出率

$\sigma$ ：波茲曼常數(Stefan-Boltzmann Coef0)約4.88 E-8 〔Kcal/$m^2$ hr 0K4〕

$\rho$ ：表空氣密度〔kg/m3〕

$\xi$ ：表太陽赤緯，春分、秋分$\xi = \theta$℃，夏至$\xi$ ＝23℃27-，冬至$\xi$ ＝-23℃27-

$\xi$ (t) ：被覆材料內表面直接日照之比率

$\Psi$ ：表緯度，北半球$\Psi > \theta$ ，南半球$\Psi < \theta$

$\Psi$ j ：爲被覆材料對太陽之傾斜角

$\theta$ og(t) ：被覆材料外表面溫度

$\theta$ ou(t) ：外氣溫

$\lambda$ (t) ：材料外表面直接日照之比率

$\eta$ is ：內部土壤對被覆材料內表面之形態係數

$\eta$ g ：被覆材料對天空之形態係數

Kg ：被覆材料之熱傳導係數〔Kcal/m hr ℃〕

Km ：水蒸氣質量傳導係數〔Kg/m2 hr〕

Ks ：土壤之熱傳導係數〔Kcal/m hr 0K〕

L ：經度(東經爲正，西經爲負)

Lg ：被覆材料之厚度〔m〕

Ls ：標準子午線經度(東經爲正，西經爲負)

N(t) ：換氣回數〔回數/hr〕

r ：地球與太陽間之平均動徑，其值約爲 1左右

ra ：葉表面蒸發阻力係數〔hr/m〕

risp ：溫室內地表之反射率

rl(t) ：葉內層水蒸氣擴散阻力係數〔hr/m〕

ros ：土壤之反射率

Rdd(t) ：直接日射量

Rlg(t) ：被覆材料外表面之長波淨輻射量

Rsd(t) ：水平面直達日射量

Rss(t) ：漫射量

t ：表時角，眞太陽時之正午爲0℃，午前爲負，午後爲正，一小時15℃之分割

ta ：眞太陽時

ts ：標準時

$\mu$ ：水蒸氣蒸發或凝結之潛熱容量〔Kcal/Kg〕

Vg ：溫室內空氣體積〔$m^3$〕

Vp ：植物之體積

$\eta$ gj ：被覆材料對 j物體之形態係數

$\eta$ ss ：土壤對被覆材料之形態係數

$\xi$ ig ：凝結實驗常數(此以被覆材料爲標準定爲 1)

$\xi$ is ：表內部土壤水蒸發實驗常數

# 單元化精密溫室設計構想

梁亞忠、郭幸榮
台灣大學森林系

## 摘　　要

本文目的乃從經濟觀點提出單元化精密溫室設計構想，討論適合之控制模式及具層級的硬體架構，使溫室系統具可擴充的特性，並建議以商品化組件作爲系統設計的元件，提升溫室系統未來更新配備的功能。

# The Designing of Unit Greenhouse

Ya-Chung Liang　Shing-Rong Kuo
Department of Forestry, N.T.U.

Abstract

This study is to suggest the framing of designing an unit greeenhouse bas ed on the economic point of view, and to propose the optimum control and model and stratified hard-ware framework, in order to increase the expansibility of greenhouses. In addition, it will recommend the utilization of commercialized componenets as units of system design, and elevate the renewing ability of greenhouse system.

## 一、前　　言

環境控制在林木生理生態研究上有其實際的應用價值，因爲林木之遺傳特性尙未如農藝或園藝作物般經人爲篩選、馴化(acclimation)，且諸多樹種之分布環境差異甚鉅，育林學家不太可能在各樹種分布地點進行試驗，故環控溫室或人工氣候室(phytotron)的設備自爲林學研究上所必需。

對環控條件的本質上，因各因子變化範圍較大，致對環控設備之微環境調節能力之要求較一般設施園藝或農藝的要求甚或更高，而不僅是控制精度上的要求而已。

另自動化前後的經濟性損益比較，須作客觀性評估，才能決定自動化的程度(王鼎盛　1988)。台灣林業的發展，目前爲公益性目標大於經濟利益目標，故大額經費投資於環控設施之可行性較小，啓發了自行製作溫室環控的設計研究，利用微電腦配合感測器設計具回授(feed back)功能的控制系統，進行溫室環境之控制，並自行製作溫度、光度、土壤水分與相對濕度感測器，配合控制軟體編寫，進行時序與條件之序控(sequence control)，因而產生此設計構想(梁亞忠、郭幸榮　1991)。

## 二、設計目的與方針

本文乃提出模組化設計、標準化規格之設計構想，除達到合理成本需求外，並希望由標準模組的設計提供未來成品的組合彈性與穩定性。

由於配合植物生理生態試驗所設置的精密溫室或人工氣候室，其硬體結構設施所需之經費，往往形成研究單位的沉重負擔，溫室結構體所需之場地與建設費用於辛苦籌措後，若自國外引進全套控制系統，

往往因環境條件差異太大而未能發揮預期功能，而後續的改善措施又受限於既有之軟硬體系統架構，故本文由模組化的設計觀念，提出單元化的溫室設計構想，希望能達到節省空間需求，同時，溫室之功能配備更新不必受限於硬體房舍之限制，標準化施工及安裝品質控制容易。

彈性的配備選擇，主要觀念是延續上述構想。在每個單元溫室中，將包含完整之功能配備，如訊號輸出入埠、感測器及輸出控制元件，其所配備之感測器及輸出控制元件種類，可視所需選取。

此外，本文另一設計構想爲利用現有商品化組件進行系統架構之建立與整合，不須投入開發工作。此觀點乃以生命科學研究單位爲出發點，如同研究室建立之初，其著眼點在研究設備的正確選取與研究工作的順利展開。故對感測技術或控制介面硬體的技術研發，是置放於行有餘力再行投入。至於設施自動化的應用，則有賴於自動化工業的發展，配合現有之感測工藝與自動化工業成果，以達到與之共進乃吾人所期盼的。

軟體控制系統應完全掌握自主性，除硬體設施上的專業技術外，控制系統程式應自行研發，才能使控制軟體發揮其特性與彈性。因一般由外國引進之控制系統，在後續的控制程式維護上，往往因牽涉商業機密，各周邊元件參數特性、輸出入埠及系統位準訊號調整的技術手冊資料並不完備，致使用者之利用彈性降低。所以各組件的整合技術應自行研究，才能掌握控制軟體研發的基礎，控制軟體同時應提供工具箱(tool box)之模組化巨集程式，供系統設計與維護之用。

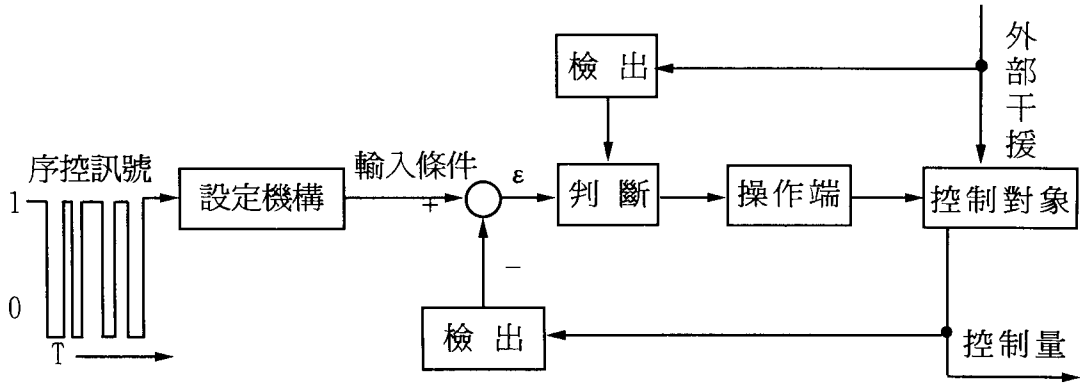
## 三、設計構想

控制系統之規模乃視需求而定。自動控制理論之分析，能對系統特性有所瞭解，因而對控制軟體的編寫有所助益。實際系統設計製作

時，仍須考慮系統硬體架構之規劃，對日後系統操作、維護，與試驗資料的信賴度及處理保存較能配合實際所需。本單元化溫室設計之構想爲硬體及記錄資料處理上能有層級（level）的架構，不僅在硬體結構上予以模組化，同時於試驗期間所收集之資料，處理上亦能模組化。除可減輕主控系統負擔，使系統未來之擴充更具彈性外，並提供試驗資料保存之安全性。

**1. 控制模式**

自動控制系統之設計理論與硬體架構，坊間的自動控制相關書籍中多有介紹，其系統方塊圖如圖一所示。




**圖一、控制系統之組合（梁亞忠、郭幸榮 1991)**

圖一對各細部元件仍未標示完全。檢出單元中應包含所使用之各型式感測器方塊圖；操作端乃指各控制輸出單元，如風扇、水閥、照明設施等等。控制對象爲溫室內微環境因子，如氣溫、濕度、光照等等；判斷部分乃指控制邏輯，而設定機構則是將序控訊號編碼設定入控制邏輯內。

由於自動控制理論中，對異種系統等效處理，圖一控制系統方塊圖爲一通式表示法。如將其定義爲一溫室控制系統，則其所面臨的第一個問題就是控制理論的模式問題。因爲溫室內關於能量調蓄

的介質是以流體爲主，其間尙包含生物性因子。如空的溫室和滿佈植栽的溫室，因植物蒸發散作用（evapotranspiration）與植物體本身生物性材料特性，在溫室內對能量流動與調蓄的功能自然產生不同的影響，屬非線性的耗散結構系統（dissipative structure system）。因此自與以明確數值的數學式記述，或以明確資訊考慮回授作用，並利用轉移函數判別之物理方法所形成之一般控制理論模式並不相同。較爲實際使用的方式，可能是以”經驗法則”進行試誤法的模式建立。

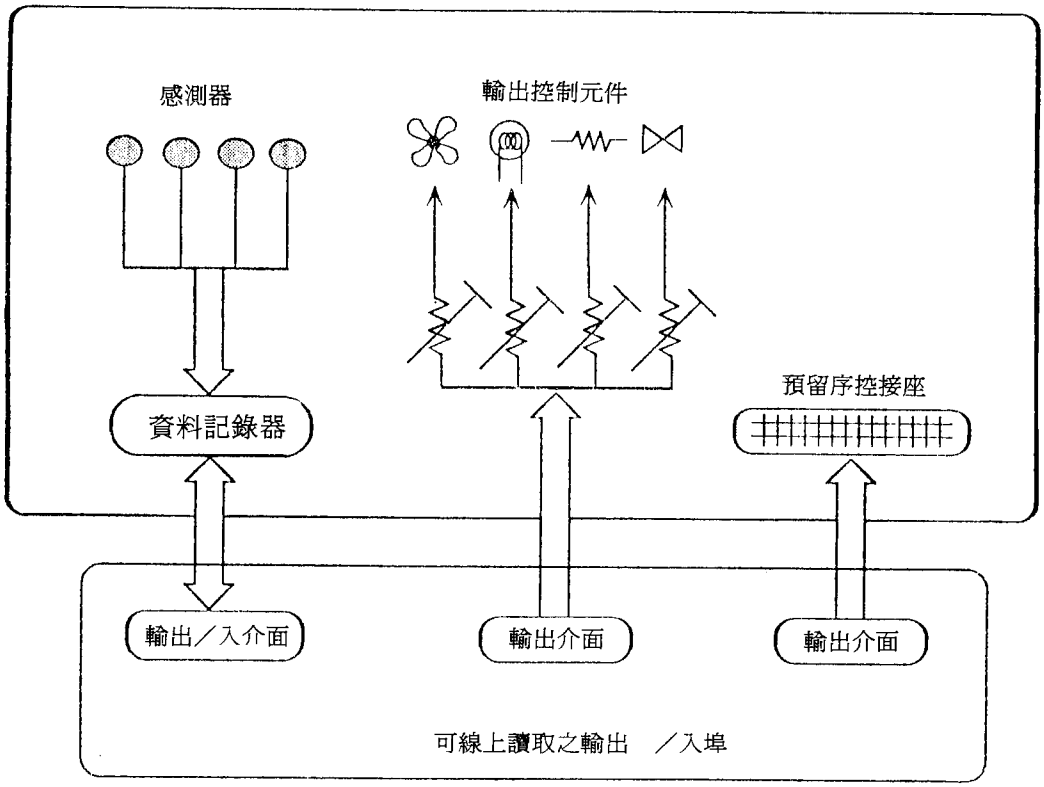
由於上述原因，圖一所示各系統方塊之基本元件特性，與方塊間轉移函數的建立，自有其困難之處。而進一步對元件之反應（response）特性，與全系統的安定性及質的評估，只能靠時間的測試與調整。

前述經驗法則模式，其觀念上與模糊（fuzzy）控制理論有些相似。不過模糊控制中，並未有一明確的系統控制模式，其LC（linguistic control）法則的建立，實際上也是依賴資深系統操作人員之控制經驗編列法則，但並非只仰賴專家，其數學基礎可由凸函數分析與統計學中分布函數的期望值觀念導入。模糊控制對於非線性系統之處理爲較理想的方法（中國生產力中心 1992；馮德益、樓世博 1991；蓋墟 1991))。所以，一個完整的控制系統並不是只有硬體技術的研究與單一領域觀念下的軟體編寫，從溫室系統的發展而言，尙需包含溫室管理人員經驗與植物生理研究人員的共同參與。

## 2. 單元化精密溫室

單元化精密溫室設計構想如圖二所示，其設計系統的規劃可由下面幾個方向說明：

## 單元溫室結構主體




圖二、單元化精密溫室設計圖示

a.單元溫室結構設計：依系統控制能力與市場調查結果，設計適當規格尺寸之單元溫室結構體。採類似組合屋形式，將結構所需之零件部份標準化，使能進行多種組合的需求。同時結構體各零件規格統一，便於工業化生產。如此，結構樑柱部份便可如積木般，視設施空間大小與需求，組合成所需形式。披覆材料則可視需求而變換，不必建設固定RC建物，以節省硬體成本與空間需求。溫室內配線管路及安裝固定座，可視日後需要，於結構物設計時便

預留可能之擴充需求。

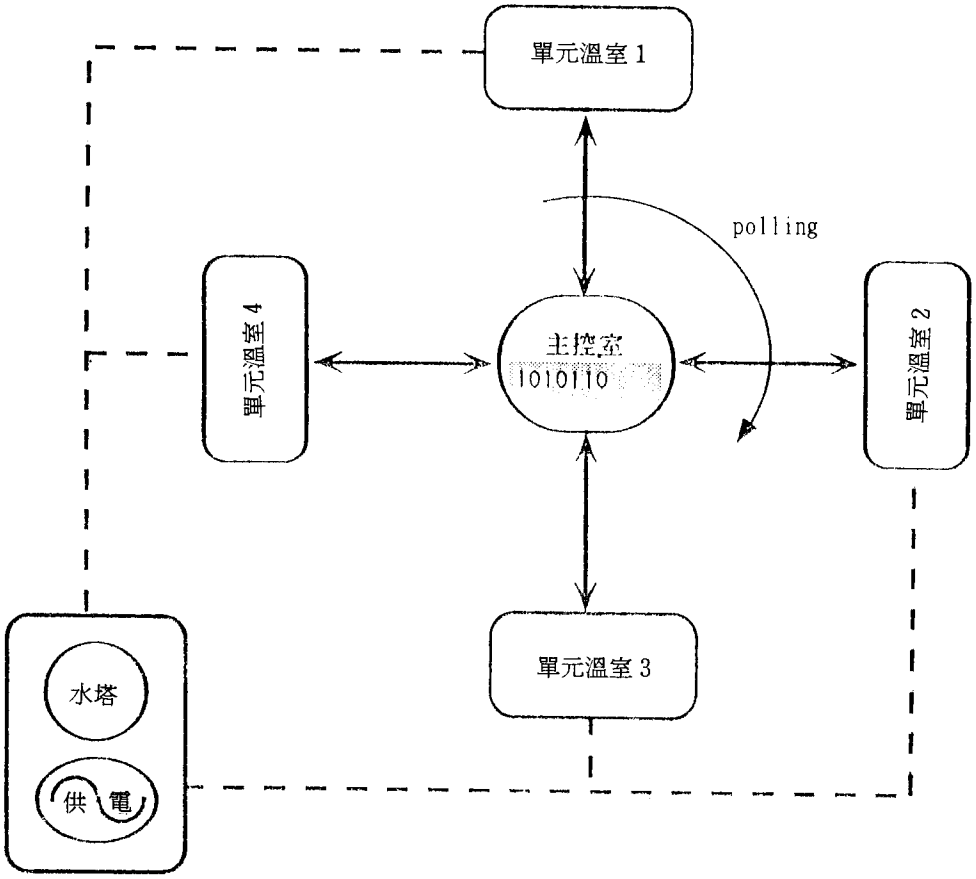
b.溫室機電設備：利用現有之自動化工業產品爲設計元件。目前國內自動化元件產品，多已進入可程式化的智慧型元件層次，在輸出控制元件上，可考慮選擇這類產品作爲系統組成元件。部份缺乏此類功能的元件，可先改良其控制方式，使能利用電子訊號對其進行控制。圖中預留序控接座部份，則是提供一可程式化的輸出控制，便於試驗設計之需，可考慮選擇市場上可程式化之控制器成爲組合元件。

c.溫室感測設備：利用現有之感測器記錄系統爲設計元件。由於在試驗過程當中，所使用的儀器精密度及穩定性，關係到記錄數據的正確性，會直接影響日後的試驗結果解釋。同時在一篇科學論文提出時，對其所使用的儀器設備，試驗過程方法，均需符合公認標準，如此試驗結果才能被大家所接受。所以對感測系統部份，如採用現有之商品組件，除可省卻自行開發感測系統之費用外，後續所需投入之感測器及相關介面組件校準與維護的儀器設備經費亦可節省。圖二顯示各單元溫室配備爲一完整感測系統，其優點在於減少感測器因配線關係，使用較長延長訊號線的可能性，以減少雜訊產生。同時各單元溫室間的配線形式有一標準，容易控制各單元溫室的品質特性。另一項優點爲，資料記錄器現場類比／數位訊號轉換與預處理工作，除減輕主控系統的工作負擔，尚可提供一資料暫存緩衝區，增加試驗記錄資料的保全性。

d.資料傳送：圖二之可線上讀取之輸出入埠，爲提供各單元溫室與電腦主機間連線之用。爲考慮主機與單元間連線距離與可遙控的特性，單晶片微電腦（single-chip microcomputer）的選用爲一可行方案。因其可提供串列式的資料傳送，適合長距離的資料傳

送，而其本身所俱有的特性，即可擔任智慧型終端機的角色。

e.系統整合：從上述構想中可發現，其間最大的問題在於模組與模組（module-to-module）之間的通訊處理，即busing techniques的問題，如何應用軟硬體技術，解決系統主機與各單元間的通訊，與全系統穩定的水電供應設施，將是系統成功的關鍵。




**圖三、單元化精密溫室組合連接圖例**

圖三是全系統組合情況的圖例，各單元設置的個數可視實際應用

之需而定。主控室因單元與控制主機間遙控連線的功能，故可由現有房舍中安裝即可。各單元與主機由串列介面連接，同時因單元的模組化設計及資料預處理之緩衝暫存功能，使得全系統的擴充極爲容易，而且全系統分散式的處理功能，增加系統安全性，避免當機癱瘓的發生，符合了前述軟硬體系統分層設計目標。

## 四、結　　論

自動化的發展，是爲了適應多種不同的目的需求，其最大特點即在於彈性的控制，除硬體上擴充功能的預留設計外，相對配合的軟體規劃，更是其精神所在。

在硬體上所强調的是標準模組，例如感測器的種類雖有不同，但是仍可歸類成電壓、電流、脈沖或磁感應等的訊號輸出形式。其間驅動線路或有不同，但於數位轉換電路設計上已可提供標準模組。控制軟體設計與硬體關係密切，硬體的模組層次反應在軟體上的結構化程式設計。硬體上各輸出入埠的屬性，需靠軟體設定，以應付不同的訊號形態，所以硬體架構設置完成後，必須能自行掌握控制軟體系統之自主與獨立發展特性，如此方能發揮自動化的彈性化與專屬化的特性。

軟體程式編寫除須與硬體特性相配合外，另一重點在於控制模式的決定。不同的控制觀念產生不同的控制理論，不同的控制理論設計出不同的軟體程式。模糊控制在非線性系統上的適用性，值得應用在溫室環控的設計上，也正因其 free model的特性，反而增加了它的普適性。

自動控制是自動化觀念的具體表現，有了正確的自動化觀念，才能有符合自動化精神的作業，所以產業自動化的建立，在於自動化觀念的普及與否，以及各領域間均衡的觀念發展，與加强系際或各專業領域間的合作，使日後自動化成果更見成效，自動化成果的推展上更

容易。

## 五、參考資料

1.中國生產力中心編譯。1992。Fuzzy控制。全華科技圖書股份有限公司，台北。

2.王鼎盛。1988。設施園藝設計手冊。台灣大學農業設施研究室297-305 頁。

3.馮德益、樓世博。1991。模糊數學方法與應用。科技圖書股份有限公司，台北。

4.梁亞忠、郭幸榮。1991。林業溫室條件序控系統之研究。台大實驗林研究報告 5(2):17-30。

5.蓋墟。1991。實用模糊數學。亞東書局，台北。

# 園藝作物栽培環境控制系統之研發

黃東瑞、潘清樂、何逢偉、簡銘宏

本研究主要目的爲開發栽培環境控制有關之器材與設備，及發展微電腦應用在設施環境偵測與控制之程式與介面裝置，以提高作物產量與品質，簡化管理，達到產期調節等目的。在台糖公司多角經營政策下，於民國76年自荷蘭引進三棟玻璃溫室，並大量興建溫室從事蝴蝶蘭企業化栽培。於是本所利用以往在養液栽培自動監控等研究經驗，及參考荷蘭式溫室電腦偵測控制模式，開發完成本土化微電腦溫室環境監控系統及局部調溫式產期調節設備，茲簡介如下。

## 一、溫室環境監控系統開發：

### 1. 溫室環境偵測用感應器製作：

設施園藝環境偵測以溫濕度爲主，日照、風速、風向與降雨的偵測爲輔。在農業上應用，由於工作環境一般較差，感測元件常終年受陽光曝晒、濕度高、溫差大、灰塵多，而設施分佈廣闊，連接用電纜較長。因此，在感測元件選擇上除須考慮價格低廉外，應選取訊號强度較大而耐用者，使雜訊干擾少，而訊號可長距離傳輸。目前已完成自製感應器，包括日照、溫度、濕度、降雨、風向等項。溫濕度計採用熱敏電阻 (Thermister) 做成 Assmann 氏通風乾濕球溫濕度計，其溫度準確度可滿足 ±0.1℃範圍。照

度計係利用太陽能電池晶片（感光面 2 × 2.5mm）製作，在台灣夏天高溫情況下應用，性能相當穩定。感雨計係利用直徑 7 cm 之鍍金玻纖電路版做成手指狀交錯之兩電極，降雨時雨水導通電極而獲得訊號電壓輸出。風速風向計爲參考日製 23-P 型，再利用感磁元件改良而成。

**2. 介面電路板製作：**

製作完成之介面電路板經長期測試結果顯示，訊號穩定度良好，且故障率低。其主要功用爲濾波、輸入保護、I/O 放大緩衝、繼電器控制、各氣象感應器訊號轉換、電壓電流轉換與 DC 穩壓電源供應。另製作有插座底板，供各介面電路板插放用。各介面電路板製作成可抽換方式，當監控系統故障時，現場人員可抽換介面電路板迅速加以修復，解決故障維修問題。

**3. 微電腦程式設計：**

溫室環境監控程式利用 QBasic 編寫完成，程式具備結構化及良好之擴充性。畫面採用中文說明，並利用交談式繪面逐步引導，使電腦操作簡單，以配合現場人員的需要。控項目有風扇、遮光網、天窗、抽水馬達、電磁閥，或發出測定值超限警示訊號，以利故障排除。主畫面顯示控制狀況與偵測數據，而由磁碟機每2.5分存檔一次，而每個月記完一個檔案。並利用功能鍵( F1～F10) 可隨時進行繪圖、查表、歷程、設定、列印等服務功能，而不影響偵測與控制作業，使微電腦發揮最大功用。同時，另配備有電源中斷、電腦當機、溫室超高溫等警告設施，以及超高溫時自動啓動風扇等安全裝置，以減少災害發生。

## 二、局部調溫式產期調節設備：

局部調溫設備係利用優良隔熱材料構築成作物生長空間，再由人工加以溫濕度調節及給與適當光照。本設計前年期利用保麗龍材料及PC透光板構築栽培床，配以冷暖氣機調節溫度，及採用日光照射以節省能源。經蝴蝶蘭花期調節試驗，調節溫度效果良好，用電量省。因此，爲達到大量生產之需求，乃進行生產模式之硬体設計製作，每床長度36公尺，床底與側牆利用厚度40 mm 保麗龍材料與M 型鋁質框架構成，床上面蓋以 1 cm 厚之雙層PC透光板，兼透光及隔熱。溫度調節改以床面冷(熱)水循環方式，由直徑36 mm 之PE薄管 (厚度 0.3mm) 通水循環，擔任熱交換，循環水流入回流槽中。而蓋板及側牆結構採用可移動方式，可供多床共用。冷暖水機採用日立製品，屬氣冷式者。

局部調溫式蝴蝶蘭花期調節設施經以往兩年期試驗結果顯示，其調節花期效果均良好，且用電量省，並於80年 9月推廣應用於大林糖廠新建蘭房中。該系統並於80年11月獲得中央標準局新型專利(第96950號)。

溫室環境自動控制可節省管理人工、節約能源消耗、提高經營品質，極具重要性。惟目前自動控制器材大多仰賴國外進口，不但設置費用昂貴，維修管理更是困難。本環境監控系統從電腦程式編寫、各感應器與介面電路板製作，使整套系統之自製率高、成本降低、維修管理簡易。而經本所及大林糖廠蘭房一年多連續使用，未有故障情形發生，訊號穩定度良好，溫度偵測精度尙能維持 0.1℃，其控制效果已能達荷蘭式溫室水準。而且現場人員學習操作容易、資料查詢便捷、服務功能多，已達實用化與商品化。其介面電路係設計成可插換形式，具可擴充性，可視實際需要來擴展監控溫室數量，成爲大面積溫室區

之監控系統。更由於其偵測精度高、記錄資料充沛，可推廣應用於養液栽培、灌溉及相關之模式開發研究，可做爲開發本土化溫室之基礎。

# 溫室微氣候環控裝置與系統之應用

周 立 強
宜蘭農工專科學校土木科助教

王 鼎 盛
臺灣大學農業工程學系副教授

李 勝 伍
臺灣大學農業工程研究所碩士

## 摘 要

本文目的在於延續溫室微氣候環控中簡易感測系統之製作與裝置。以實地裝設於宜蘭農工專校新建溫室，進行環控操作，將實際所面臨及遭遇到的技術問加以克服及設計改良。

該溫室環控以溫濕度控制模式爲主體寫成C語言程式，配合個人電腦多功能實驗界面卡（內含類比／數位轉換、數位／類比轉換、數位訊號輸出入及計數器等界面）、多工及放大器界面卡、固態電譯驅動卡等電腦周邊界面裝置作系統連結及運轉，加上以感溫IC(AD 590)計測室內外乾濕球、土層、披覆材內外及作物葉面等溫度並自設小型農業微氣象觀測站（包括電氣直示型通風溫濕度計測箱、太陽電池日射計、風杯～發電機風速計及感雨器）計測室外微氣象。經實地操作運轉證明，此裝置組合滿足溫室設施樣本控制系統之控制方式並有效調節室內溫濕度環境。其造價低及施工技術已有模式可循，極適合推廣至微氣候環控要求較高之精密溫室。

關鍵詞：溫室微氣候，溫濕度控制模式，溫室設施樣本控制系統。

# Applications of The Equipment and System for Greenhouse Microclimates Control


## abstract

The purpose of this study is to install a simple sensing system for microclimates control in a fan-pad type greenhouse. The simple sensing system has been installed in a greenhouses located at Horticlture Department, National I-lan Institute of Agriculture & Technology. The system also has been operated to solve the problems such as stability and malfuction related to the system's operation.

The system is mainly classified as the temperature-humidity control mode 1 and has been modified to satisfy the control requirements. A computer program written by C-Language has been created to model the temperature-humidity control process. The equipment consists of 1 Personal Computer (PC), 1 PC multifunction lab card (involve 12 analog / digital converters, 2 digital/analog converters, 1 digital signal input/output-and-counter card), 1 multiplexer & amplifier card, SSR & relay driver board, 21 temperature sensors (AD590) and some other microclimate sensors. T type thermalcouple is being substituted by AD590 type temperature sensor to measure the temperature of soil layers, cover material, dry-wet bulb (both indoor and outdoor) and the leaf surfaces ; and a significant result has been found in this study. For the purpose of measuring microclimates, the sensors which include 1 electric-

directed type ventilation temperature-humidity sensor, 1 solar-cell type radiation sensor, 1 goblet- generator type wind-speed sensor and 1 rain inductor are installed in a Agricultural Meteorological Data Acqusition station. This study shows that the set-up system well controls the temperature and humidity in the greenhouses.

Two other two contibutions are found from this study :

(1) the cost of the set-up system is as low as $10,000, and

(2) the experience gained from the installation provides us much knowledge for future application.

As a result, the system set-up in this study can be applied to the greenhouses which require a strictly environmental control.

keywords: greenhouse microclimates, the temperature-humidity control model.

## 一、前　　言

本文延續了溫室微氣候環境控制中簡易感測元件之製作與裝置(周立强, 1991)及溫室設施樣本控制系統(李勝伍,1990)之研發，修改以溫濕度控制模式爲主體之C語言程式，以適合其他不同設備機能之溫室。其中改良了自製感測元件(溫濕度、風速、日射、感雨器等)及研發施工裝設之技術。其與電腦及各控制單元連接，組成一環控感測系統裝置，以取得現況資料作爲輸入控制之依據，爲一動態可回授控制系統，並配合選用已設定之四種溫濕度控制操作方式(含經驗、適當、佳適、最佳控制操作)，行觀測、控制功能(李勝伍,1991)。

在感測元件方面，以測溫IC(AD 590)加工防銹防潮處理取代T型熱電偶補償線以計測土層、披覆材內外、作物葉表面等之溫度。並以AD 590測溫IC組合通風溫濕度計測箱可計測室內外乾濕球溫度及相對

濕度。此外在室外並自設一小型農業微氣象觀測站包括電氣直示型通風溫濕度計測箱、太陽電池式日射計、風杯－發電機式風速計及感雨器一套組合。

在界面聯結方面，感測元件均使用同類界面電路板包括；個人電腦多功能實驗界面卡(內含類比/數位轉換、數位/類比轉換、數位訊號輸出入及計數器等界面單元)、多工及放大器界面卡、固態電驛驅動卡等電腦周邊界面裝置。而本套溫室環控自動化設備及系統將按照宜蘭農工專校園藝科水牆型(Pad and Fan type)溫室之各電氣設備及回路等硬體條件作設計聯結，使能切入在該系統下操作運轉及切出在原系統簡單控制下操作。

## 二、前人研究

吳峰日(1990)曾提及日本農林水產省研究機關强力推行其農林水產方面生產性的提高，乃需要自動化、省力化技術開發，而自動化、省力化必定需要導入感測器技術。根據　山(1976)其提供以設施園藝爲中心並含畜產、水產等方面，在現階段所使用之感測器種類，本文參考了設施園藝項目生產環境內之日射(光)、溫度、濕度、風速等項所使用的感測器並綜合日本通產省機械情報產業局計量課與自動校正系統研究委員會所編著一書[11]及中淺測器株式　社出版之自然ち計る一書農業氣象與設施園藝篇乃選定光電池式測日射、測溫半導體測溫度及乾濕球溫度方式計測相對濕度　、風杯－發電機式測外風速。

Aldrich 與 Bartok氏(1988)在[12]中述及在溫室環控其以裝設通風箱箱(內含溫濕度等感測元件)以計測並饋控室內環境，而本文參考其方式，採行强制通風式並作改良設計成電氣直示型通風溫濕度計測箱作爲溫室內不同環控操作方式所配合之感測裝置。

王明燦(1988)在[4]提到感測器四種線性化方式及感測電路與電

腦界面。且渡部一郎(1987)在[14]中資料及基礎篇提供計測數據統計整理與率定之方法。本文乃依選用感測元件特性而採行不同線性化、率定及電腦界面；AD 590測溫IC本身已具線性化，但需經溫度電壓轉換電路及兩點法(黃克定,1989;吳朗,1990)率定校正其溫度－電壓特性曲線及關係式。太陽電池式日射計採對數函數區間線性化方式求其關係式並與標準熱電式日射性比對作率定校正(周立強,1991)。風杯—發電機式風速計採線性函數直接線性化(周立強,1991)。

由78年6月16至27日臺大農工系農業設施研究室計測臺灣地區暑熱環境下各代表型溫室微氣候環境(王鼎盛,1989)可知；在改變狀態特性組合以後，室內溫室微氣候環境變化分析有賴於該套計測儀器系統，而狀態特性組合之選用匹配對降溫效果有一定影響(亦視溫室設計及設備機能而定)而本文所應用溫室環控設備各操作檔係運用此一狀態特性組合之觀念。此外本文參考吉野(1976)提出以電腦控制系統爲基礎的設施園藝環境管理作業包含環境最適控制、灌溉水量、溫度、施肥及採光等的作物最適生長控制，設計本系統選項功能之操作，期能適切調節溫室內溫濕度環境。

## 三、材料與方法

### ㈠溫室環控中自製簡易感測元件特性

茲將自製之感測元件特性列述如下：

1. AD590具有較廣之工作電壓範圍(4V～30V)及其電流訊號適合長距璃輸送，不受壓降因素影響(陳克紹,曹永偉,1988)，可經由校正其偏位誤差，屬線性化感溫ＩＣ。
2. 電氣式直示型之通風溫濕度計測箱，用測溫I.C(AD590)計測乾濕球溫度誤差±0.5℃以內，相對濕度誤差在5%以內，亦足可適合溫室微氣候環境計測控制(周立強,1990)。

3.風杯～發電機式風速計，其機械性質強，啓動風速1.0m／s，解析力0.02(m／s)／1mv，防水防振動，不須放大及轉換器，藉由率定方式爲瞬間風速．經由電氣迴路可使時間常數延遲或電腦設定數據處理方式可計測室外平均風速(周立强,1990)。

4.太陽電池式日射計其動態特性經由片段對數線性化處理，計測範圍0 ～1000(W/m²)(周立强,1990)。

5.感雨器採鍍銀板，以雨量計及資料蒐集儀，簡單率定降雨强度與電壓訊號之關係(周立强,1990)。

茲將上述製作之計測元件特性作一總表如表1所示。

**㈡系統之硬體結構**

圖1所示，系統基本硬體設備係以個人電腦爲中心。在感測器方面包括溫度、相對濕度、日射量、風速、感雨等感應器。界面卡包括類比／數位(A/D)及數位/類比(D/A)、多工與放大器(Multiplexer and Amplifier)、數位輸出入器(Digital input/output board)、固態電驛及繼電器(S.S.R & Relay board) 等界面卡。個人電腦則以AT 386IBM相容型電腦爲主，配備有40Mega以上之硬碟，螢幕(Monitor)不論單色或彩色均可。溫室中各控制設備可經電磁開關或固態電驛控制，並有手控開關部份，以應付不時之需。

**㈢系統之軟體結構**

本系統軟體結構示於圖2 ，除此之外，需有DOS3.2版以上的磁碟作業系統及倚天中文軟體Turbo C2.0版C語言編輯軟體(程式修改用，一般使用者可不必備有)。本系統各個執行檔(*.EXE)採積木式架構，可單獨執行，也可在最高指揮程式(GHA.EXE)下聯合運作。而各個執行檔在操作時，均採本土化的選項式中文視窗，包括系統介紹、操作說明、溫室諸元、溫濕設定、灌溉設定、採光設定、其他設定、經驗控制、佳適控制、適當控制、最佳控制及資料蒐集等

12項選項功能，可示於圖。

### ㈣系統裝置與施工

本套設備及系統從5月4日起，在該校溫室裡實地施工裝置，分爲感測系統裝置與控制系統裝置二階段裝設。部份線路長達50公尺以上，爲避免雜訊干擾與增加耐環境性，故均採用雙隔離電纜線與通訊用配線管。最後再將感測系統與電腦及控制裝置與電腦進行聯結，其所使用裝設之儀器及設備，示於表4、表5及表6。本次設計將經驗控制與模式控制(含適當、佳適及最佳3種控制方式)作成可並行的切換操作。而裝設之感測系統聯結方塊圖示於圖3，各感測元件沒有個別轉換器(Moduls)，線路長度超過50公尺以上部份，均以電流訊號傳送，末端再轉換成電壓訊號，並以率定方式(片段線性化，高次多項式，及近似函數等方法)求其關係算式，並輸入電腦設定程式作演算。圖4爲宜蘭農工專校園藝科Pad and Fan型溫室電氣設施及環控感測設備平面配置圖。溫室單間之山牆立面圖及裝設測溫IC(AD590)測點位置圖，則示於圖5，測點安排及佈置均取溫室內部其幾何平均位置爲施測點。圖6爲溫室外裝設小型外氣候觀測台。圖7爲溫室內地表及土層溫度測點之情況。圖8爲溫室外計測披覆材表面溫度測點安裝。圖9爲在室內以電氣式直示型通風溫濕度計測箱計測乾濕球溫度及相對濕度。圖10爲在電腦室之電腦及其周邊界面設備組成之環控系統。

## 三、結　　果

### ㈠現場實地操作

本系統裝置從六月一日起在宜蘭農工專校水牆型溫室進行聯結運轉操作測試，以參數調節法檢定欲控制溫室之各環境因子，以期達到可有效的調節溫室內溫濕度環境。圖11及圖12所示爲溫室中溫

室諸元各參數設定之情況，包含熱對流係數、面積及體積、熱傳及熱容、反射及吸收、長波放射率、形態係數、土塊寬深值、溫室位置、設備之機能、披覆材位置等溫室諸元參數之設定。其中該溫室土塊寬深值之設定，示於圖11。圖12則爲該溫室熱傳及熱容參數設定亦以參數調節法逐步調整以近於實測值。本套系統環控主要以溫室內的空氣溫度及相對濕度聯控爲主要對象，灌溉(可利用於液體施肥)及採光(包含光周期之控制及可用於$CO_2$施肥)控制則是用一般的順序控制及簡單條件控制。在操作上則以瞬時取樣保持值作判斷標準，在正常狀態下將每個動作檔換檔時間作爲最小連續操作時間，在操作控制方式有；經驗控制、佳適控制(Optimal-Adaptive Control)、適當控制(Adaptive Control)、最佳控制((Optimal Control)四種。如圖14中'經驗控制檔' 又稱爲第一控制層，並有資料蒐集及查詢之功能。其包含了14個操作檔操作設備及每個檔的最小操作時間，由操作者依自己過去操作經驗設定控制溫室設備(含半自動控制設備的功能)，本檔適合於任何型式、構造設備之溫室，可因季節不同、設備不同而有不同之設定，爲一黑箱控制，只受溫室內溫度及濕度影響，與溫室之地文因子無關。'最佳控制檔'包含在第二層控制裡，此方式是依照'溫濕度控制模式' 來模擬出的14個操作檔(在程式裡强制設定)操作後的溫室內溫、濕度值，在14個操作檔中選擇一個與操作者已經設定好的'最佳溫濕度值' 最爲接近的操作檔操作。'適當控制檔'則依'溫濕度控制模式'按順序模擬出一個控制檔操作後的溫濕度值，如果其在設定的'溫濕度上下界限內時'，就選用此操作檔。'佳適控制檔'其前幾檔爲最佳控制，後幾檔設定爲適當控制操作，故稱之(李勝伍,1991)。

**㈡操作結果說明**

經過近60天操作運轉及校正改良感測系統，使其穩定可靠並以

乾濕球溫度計在溫室內作比對性的修正控制(調整設定溫室諸元各參數)。圖13所示爲該系統操作資料蒐集檔所蒐集到之溫室微氣象數據，包括表5所示各計測項目及感雨器。圖14所示則爲在電腦螢幕上經驗控制檔操作下8月25日18點46分溫室內溫度28.2℃、相對濕度100%，並有當天15點30分至18點46分之室內溫濕度歷線圖及溫室內環控所動作的設備有左右窗關、側牆開、風扇乙丙開，當時室外相對濕度達98.6%，並飄著毛毛細雨。

## 四、結論與建議

爲配合宜蘭農工專校新建水牆型(Pad and Fan)溫室各項硬體設施，使本系統可以直接切入聯接其原有電氣設施並匹配之而做了以下改良方式。

### ㈠計測器部份

1.溫度計測元件全採AD 590，較適合長距離輸送訊號(因電腦控制室距溫室若干測點長達50公尺以上)不易受雜訊干擾，配合自製溫度與電壓轉換電路板可計測多點且解析度放大後達10 mV/C，同時可設計成同步計測多點平均溫度。其外包裝加工成探棒式可以計測土層溫度，使其機械強度及耐候性均提高。

2.在通風箱外層加工一雙層PC板，內層貼隔熱泡棉，經AD 590計測乾濕球溫度，由電腦內附演算程式同時可得相對濕度，且誤差在5%內。此電氣式直示型通風溫濕度計測箱外包裝改成插紐式，使攜帶、拆裝及維修更換均感方便。

3.風速計採銅管、白鐵管及不銹鋼材料，材料取得及組合相當容易爲其設計優點，並使成本大幅降低。發電機採DC 12V 直徑3.5公分之馬達，以較符合市面上易購得之零件。

4.日射計除自身散熱用風扇，並加裝一外給電源散熱風扇，以加強

太陽能晶片之穩定性。

5.感測元件利用PC 電腦演算功能强，可將計測儀器之待測物理因子與電氣訊號之算式，以軟體程式處理，減少很多硬體上之轉換。

㈡系統與設備連接之硬體

1.各計測器與系統界面連結採多心之雙隔離線電纜並製作連接箱，以免除靜電感應及雜訊干擾。

2.製作多工放大板、DI/O板與繼電器卡之連接箱，將其內部線路整體規劃加强其實用性並便於日後維修更換。

3.製作由電腦驅動DI/O板至DC 24V之繼電器卡，便於切入連結溫室原有控制各電磁開關、馬達之AC 110V繼電器。

㈢系統之軟體

1.已將經驗控制及模式控制(即最佳、適當、佳適控制)合併於一系統下，由其中文視窗選項功能可在鍵盤處操作切換使用。

2.本系統第二層控制因爲含有溫室內空氣溫、濕度值的饋控，所以若前一天在控制下的設備(如風扇)在面板處被人强制使用，以致第二天模擬值不準，使溫濕度值在某些檔操作內超出溫濕度界限。防止這種現象的方法有：

⑴用數位輸入板回饋偵測設備操作狀況(ON 或OFF)。

⑵請使用者操作本系統的半自動系統。

⑶設定每檔的最小操作時間在可能的範圍內儘量減小。

⑷把本系統的饋控方法改爲參數調節法。

3.本系統第二層內之模擬程式(BUT.C)，可用來評估目前溫室設備之機能(例如風扇之通風量、水帘幕汽化效率及風扇換氣率等)或作溫室設計時，擬用設備機能之檢定。

4.本系統第二層內之溫濕度控制模式裡，本身就含有植物葉溫及地

溫模擬、二氧化碳濃度模擬，故只要稍微修改模式，即可辦到。所以本系統在以後發展上可用於Speaking plant 、溫室地溫、二氧化碳濃度．等控制方面的研究。

5.溫室的溫、濕度環境控制比菇舍、牛舍豬舍等農舍的溫、濕度環境控制還複雜，故本系統的發展，對於這些農舍控制系統的發展奠定良好的基礎。

## 誌　　謝

本計劃承蒙行政院農委會專款補助及國立宜蘭農工專校園藝科提供新建溫室一棟供本套系統設備裝設及操作，在此致最大謝意。該校土木科技士方俊盛先生在裝設施工過程中給予全力協助，得以順利完成，于此亦一併致謝。

## 參 考 文 獻

1.王鼎盛，1989，本省溫室暑熱環境評估，臺灣農業 26(2)，P60～83。

2.王鼎盛，1988，設施園藝設計手冊，初版，中華民國行政院農委會，P304～305計測器特性。

3.王鼎盛與李勝伍，1990，本省溫室降溫效果之探討，中國園藝 36(1)，P64～79。

4.王明燦編譯，1988，感測電路與微電腦界面，三版，臺北：全華科技圖書公司，P1～76。

5.李勝伍，1991，溫室設施樣本控制系統之研究，碩士論文，臺北：國立臺灣大學農業工程學研究所，P5～50。

6.吳　朗，1990，溫度感測器--理論與應用，成大電研所電子陶瓷研究室，初版，臺北：全華科技圖書公司，P1～11，139～200。

7.吳峰日，1990，感測與轉換器，初版，臺北：文笙書局，P315，467～477，531。

8.周立強，1991，溫室微氣候環控中簡易感測元件製作與裝置，碩士論文，臺北：國立臺灣大學農業工程學研究所，P1～125。

9.陳克紹與曹永偉編譯，1988，感測器原理與應用技術，初版，臺北：全華科技圖書，P21～50。

10.黃克定編譯，1989，感測器與周邊電路，初版，臺北：文笙書局，P1～83，187～206。

11.日本通產省機械情報產業局計量課監修，自動校正系統研究委員會編，1988，計測機器使用實務（計量器概論），初版，臺南：復漢出版社，Chapter1，P87～135。

12.Aldrich，Robert A. and John W.Bartok，1988，Greenhouse Engineering，P84～88。

13.自然を計る，1989，初版，中淺測器株式會社，P9，104～116，128～129，132～133，64～82。

14.渡部一郎編，1987，農業環境實驗法（農業企象學・農業環境工學）サイエンスハラス株式會社，P1～62。

15.關山，1976，農林水產になけるヤンサ，トランスジューサ，農業電化29卷9月號，P16～19。

16.吉野，1976，園藝生產のシステム化とユンビュータ利用，電氣評論，Vol.61，6。

表 1 自製感測元件特性整理一覽表

| 種類 | 細分 | 感應部 | 率定式 | 解析力 | 測定範圍 | 最小刻度 | 元件精度 | 誤差度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 強制計通測風箱式溫濕度 | 電氣式直示型<br>使用DC 15V | AD590測溫IC | 依各元件不同有不同之率定校正式<br>T(℃)=100*V-C<br>C爲校正常數 | 10mV/1℃<br>A/D卡:<br>10V/2^12<br>=2.5mV | 0～100℃ | 0.1℃ | 0 .4℃<br>1 Bit=<br>2 .5mV<br>即爲0.4C | +0.5℃<br>+0.5℃ |
| | | | 濕空氣性質附演算式<br>(由乾濕球溫度計算) | ******** | 0～100%RH | 0.1%RH | * ******* | +5%RH |
| 日射計 | 太陽電池式 | 非單晶矽片 | 參照表2 採對數式及片段線性化 | 各範圍不同,參照表2 | 0～1000W/m*m #1 | 0.1w/m*m | 各範圍不同參照表<br>表2 | |
| 風速計 | 杯盤～發電機式 | 鋁合金三杯式及17V DC馬達 | W=0.02*(mV)<br>(M/S) | 0.02m/s<br>／1mV | 啓動風速1.0 m/s<br>上限風速30 m/s#2 | 0.1m/s | 未經標準風洞實驗檢驗 | |
| 感雨器 | 接觸電阻式 | 鍍銀電路板 | 參照表3 方式率定 | 各範圍不同,參照表3 | 大於3 mm/hr時即電壓爲0.3V設定防雨 | ******* | * ********** | |

註：#1者爲元件之最大功率密度100mW/cm*cm
#2者爲設定溫室外風速大於30m/s時之防風動作之速限・

## 表 2 太陽電池式日射計率定範圍表

| 電壓區間 | 數式 | 日射量範圍 (w/m*m) | 誤差度(非線性) |
|---|---|---|---|
| 1～2.27V ，1270 mV | $W=10^{\frac{0.16}{2.35(LogV)}}$ | 1-98 | 0.077w/m²／1mV 線性佳 |
| 2.27～2.7V，430 mV | $W=10^{\frac{0.7}{4.14(LogV)}}$ | 102-199 | 0.22w/m²／1mV 線性良好， |
| 2.7～2.8V ，100mV | $W=10^{\frac{1.354}{7.19(LogV)}}$ | 202-262 | 0.6w/m²／1mV ±15.0W/m² |
| 2.8～2.825V，25mV | $W=10^{\frac{3}{27.1(LogV)}}$ | 264-306 | 1.6w/m²／1mV ±15.0W/m² |
| 2.825～2.84V，15mV | $W=10^{\frac{5}{131.3(LogV)}}$ | 305-353 | 3.2W/m²／1mV ±9.0W/m² |
| 2.84～2.9V，60 mV | $W=10^{\frac{4.11}{65.8(LogV)}}$ | 353-580 | 3.78W/m²／1mV ±36W/m² |
| 2.9～2.94V，40mV | $W=10^{\frac{2.2}{15.08(LogV)}}$ | 580-695 | 2.875w/m²／1mV ±24w/m² |
| 2.94～2.98V，40mV | $W=10^{\frac{1.36}{7.974(LogV)}}$ | 695-77 | 2.025W/m²／1mV ±24w/m² |
| 2.98～3.05V，70mV | $W=10^{\frac{1.1}{6.568(LogV)}}$ | 776-908.68 | 1.88W/m²／1mV ±21w/m² |

註:率定方式取二次對數，再片段線性化以Lotus123迴歸，反求各段近似函數。

表 3　降雨強度與感雨器之電壓( V r)關係

| 降雨強度範圍 | 電壓Ｖr |
|---|---|
| ＜3mm／hr | 0.3 |
| 3～15 mm／hr | 0.3-0.8 |
| ＞15 mm／hr | 0.8以上 |

註：依照中央氣象局降雨強度區分爲 4 級：

小雨---------- ＜3 mm／hr

中雨---------- 3～15 mm／hr

大雨---------- ＞15 mm／hr

豪雨---------- ＞130 mm／day，出現15 mm／hr

表 4　使用在溫濕度控制模式方式下之儀器與設備

| 名　稱 | 主 要 規 格 | 數量 | 品 牌 |
|---|---|---|---|
| 386型個人電腦 | 25 Mega Herz,40 Mega 硬碟 | 1 臺 | 聲寶 |
| A/D與D/A界面卡 | 12 bit,0.015%非線性,10,5,2,1伏等 | 1 片 | 研華PCL-812 |
| 固態電驛卡(SSR board) | 可裝8個SSR(05AC,230V),交直流兩用 | 2 片 | 研華PCLD-786 |
| D I/O&計數界面卡 | 16 Chanel 數位輸出入 | 1 片 | 研華PCL-720 |
| 多工與放大界面卡 | 16 Chanel 輸入,可擴充。放大率可選擇 | 2 片 | 研華PCL-789 |
| 溫濕度計測箱 | 有抗氧防潮防輻射外殼,可測乾濕球溫½ | #2 個 | 自製 |
| 風速計 | 風杯-發電機式,啓動風速2.0 m/s | 1 台 | 自製 |
| 日射計 | 太陽電池式(4個非單晶矽片串聯,電壓2V) | 1 台 | 自製 |
| 感雨器 | 3 mm/hr以上有感應電壓(0.3V以上)產生 | 1 台 | 自製 |

表 5 施測項目與測點數及所使用之感測元件一覽表

| 施測項目 | 測點數 | 使用之感測元件 |
|---|---|---|
| 室外地表面溫度 | 1 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室外土層內溫度 | 3 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室內地表面溫度 | 2 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室內土層內溫度 | 6 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 被覆材外內溫度 | 2 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 作物葉表面溫度 | 1 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室內乾濕球溫度* | 2 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室外乾濕球溫度* | 2 | 自製測溫IC及其轉換電路 |
| 室外風速 | 1 | 風杯～發電機式風速計 |
| 室外日射 | 1 | 太陽電池式日射計 |

*者爲電氣式直示型通風溫濕度計測箱，可同時求得相對濕度

表6 欲控制之溫室內各硬體設施一覽表

| 名　　稱 | 功　能 | 數 量 |
|---|---|---|
| 風量型風扇 | 通風、換氣、降溫、相對濕度調節 | 3 臺 |
| 天窗開關馬達 | 開關左右天窗，通風、換氣、降溫 | 2 臺 |
| 水牆水泵馬達 | 供水到水簾幕 | 1 臺 |
| 水牆側窗馬達 | 開關水牆側窗,可外氣調節室內環境 | 1 臺 |
| 外網收拉馬達 | 收拉外遮陰網 | 1 臺 |
| 噴灌系統 | 灌溉、亦可調節室內環境 | 1 臺 |

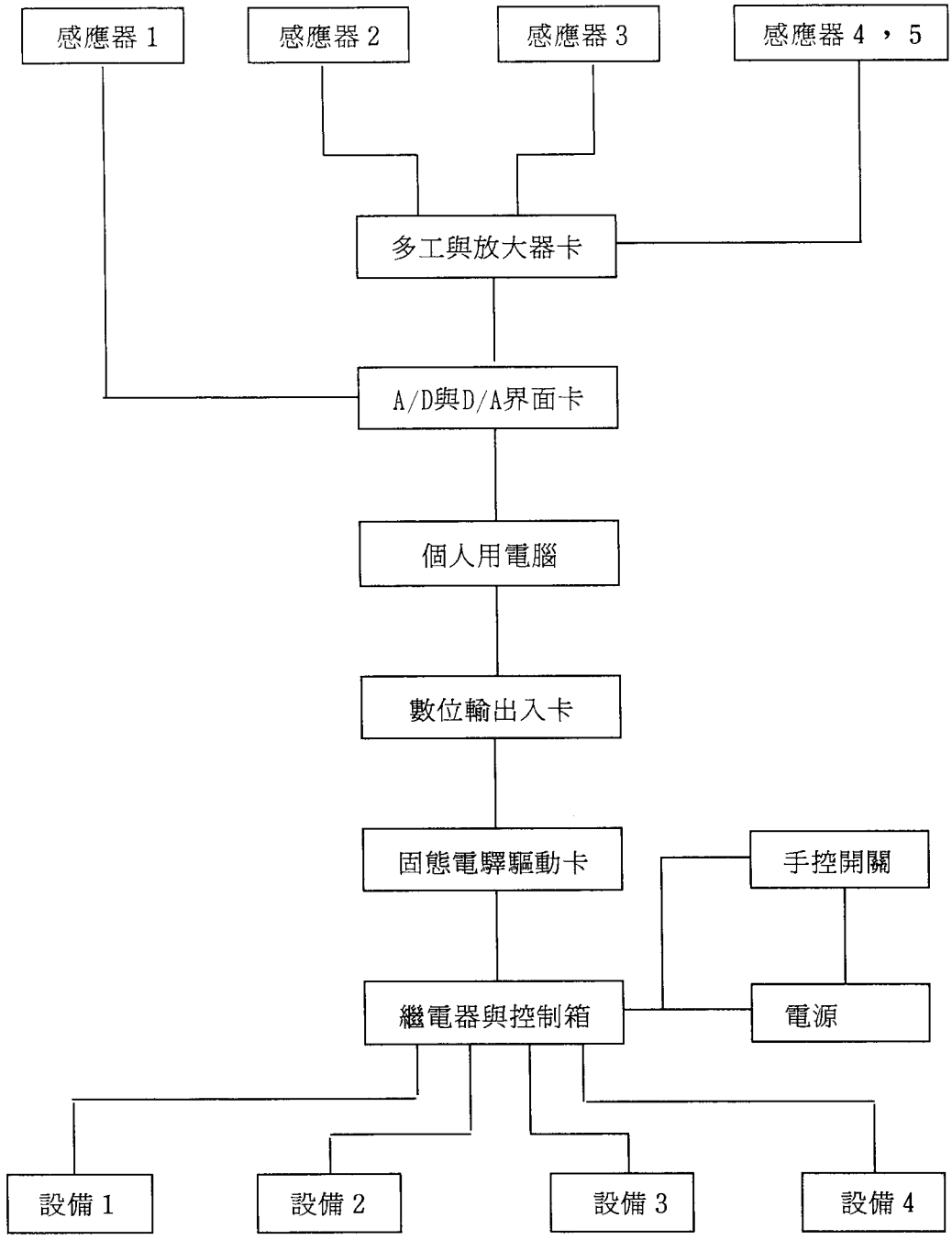



**圖 1　系統之硬體結構組成**

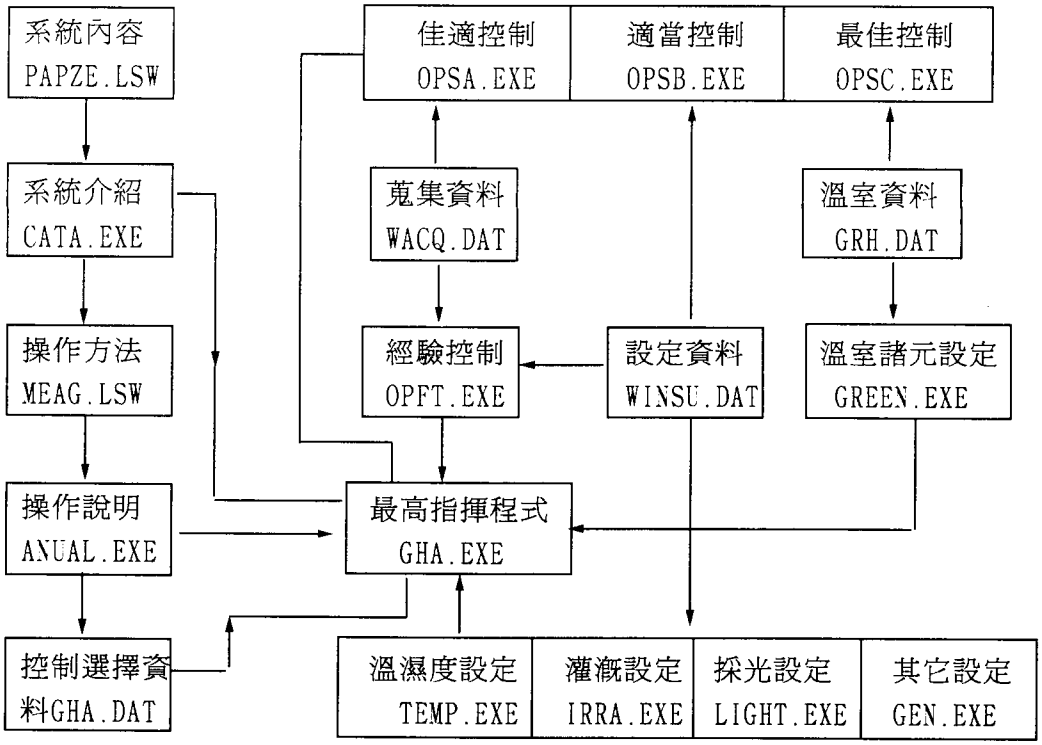



**圖 2 系統之軟體結構組成**

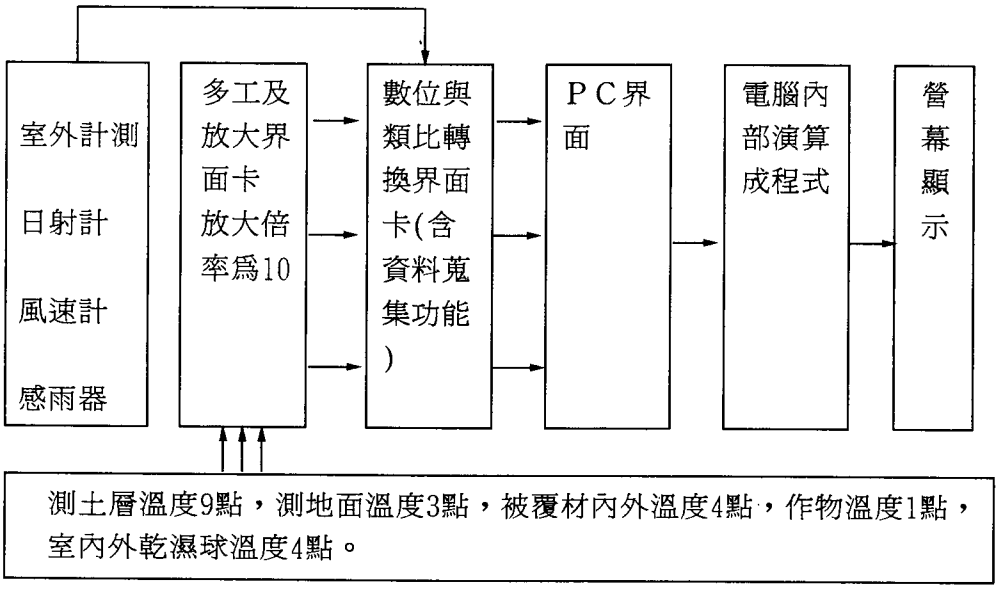
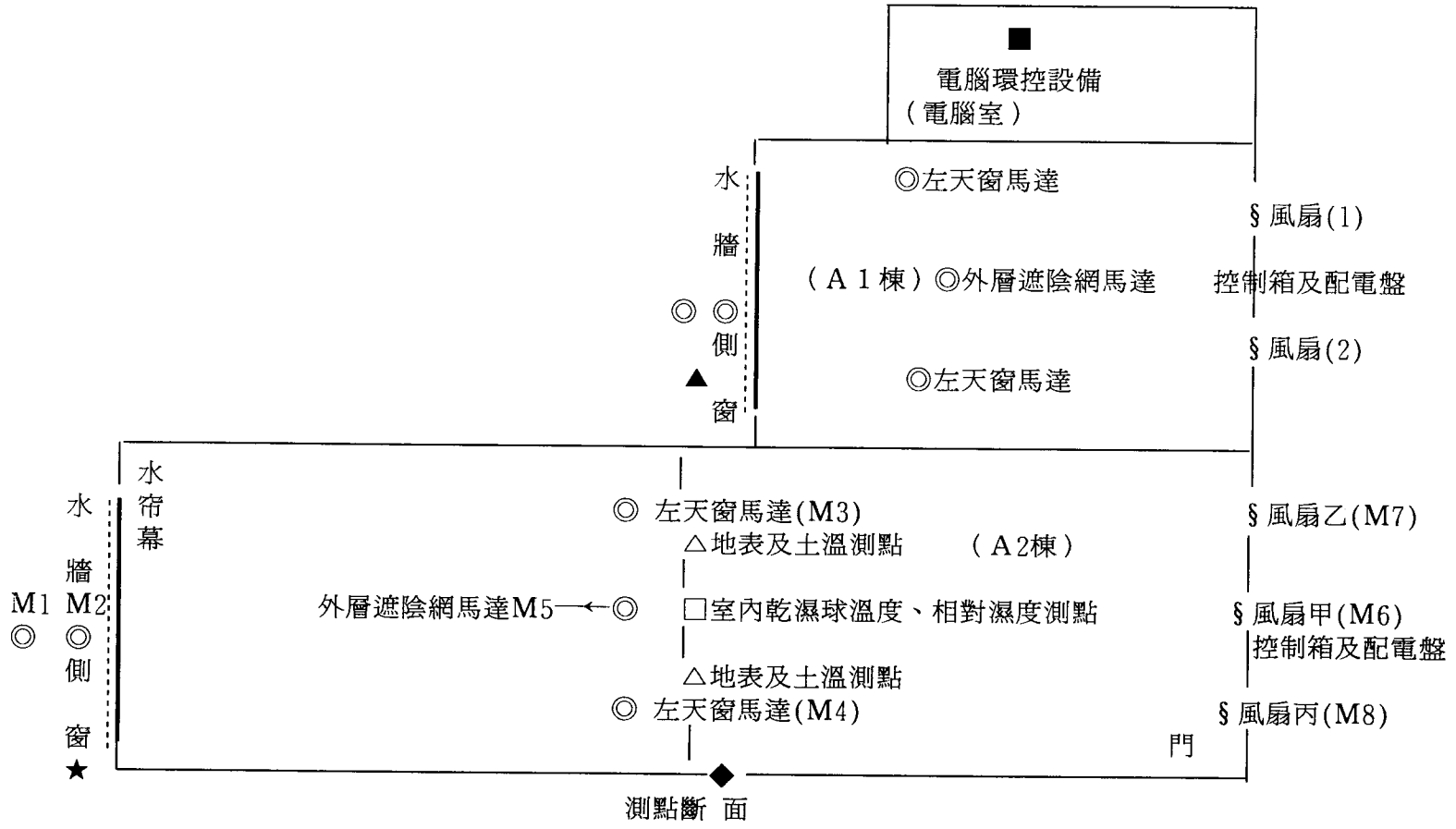
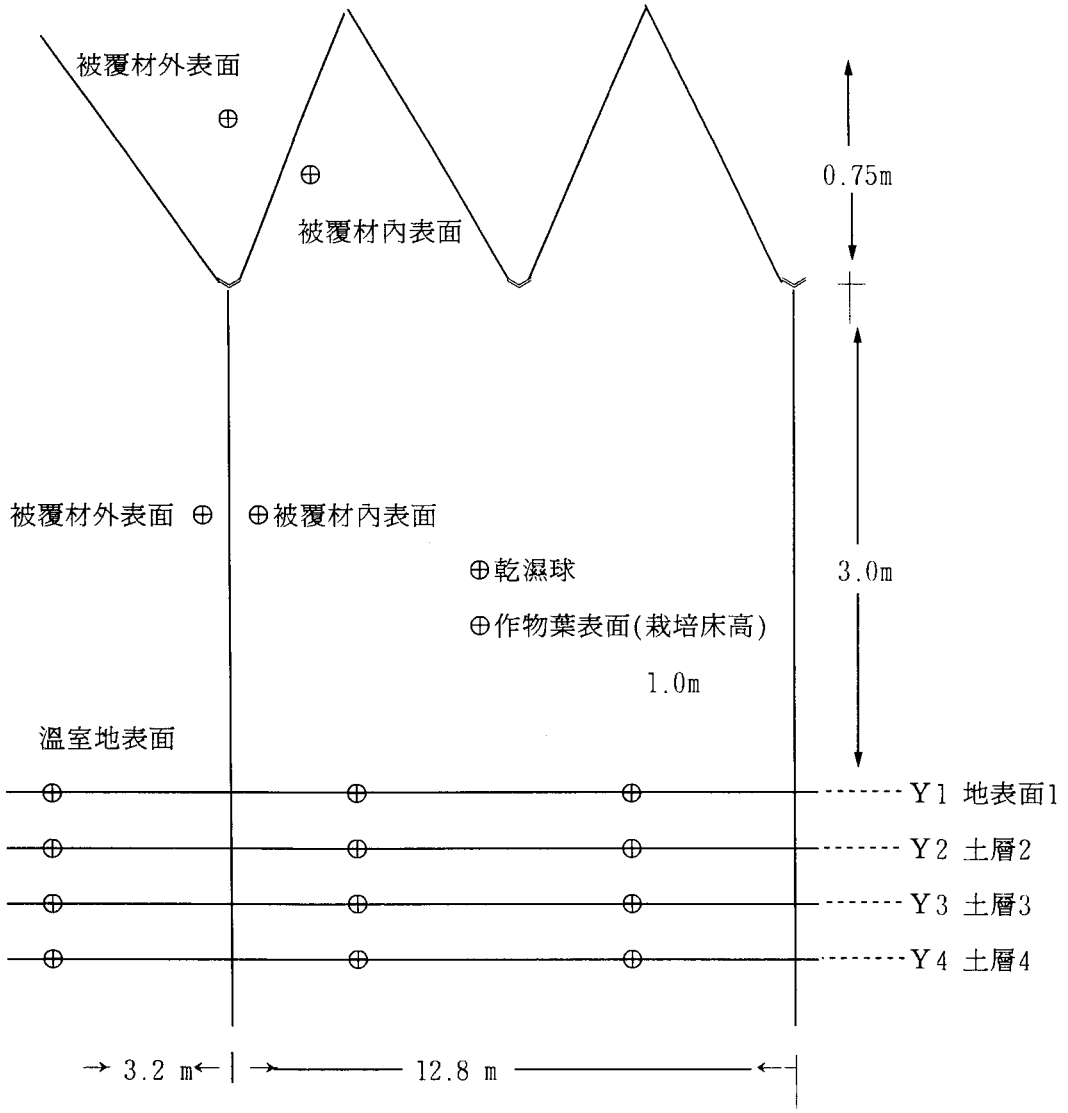



**圖 3 裝置各感測元件之系統方塊圖**




M1:水牆側窗馬達。 M2:水牆抽水幫浦。 ★:小型外氣候觀測台。 ◆:披覆材內外溫度測點位置。
▲：室外地表及土溫測點位置。

**圖 4 宜蘭農工專校園藝科Pad and Fan型溫室電氣設施及環控感測設備配置平面圖**




(註：Y1 =0.02m，Y2 =0.1m，Y3 =0.2m，Y4 =0.7m)

**圖 5　溫室單間之山牆立面圖及裝設測溫IC(AD590)測點位置**

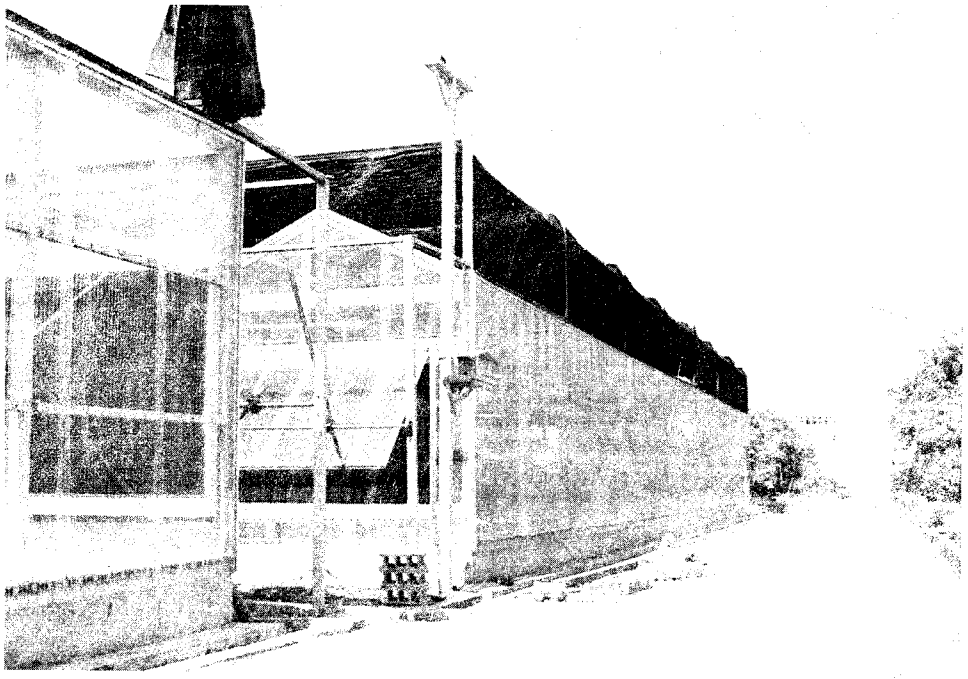


圖 6　溫室外裝設小型外氣候觀測台



圖 7　溫室內地表及土層溫度測點之情況



圖 8 溫室外計測披覆材表面溫度測點安裝



圖 9 在室內以電氣式直示型通風溫濕度計測箱計測乾濕球溫度及相對濕度




圖 10　在電腦室之電腦及其周邊界面設備組成之環控系統

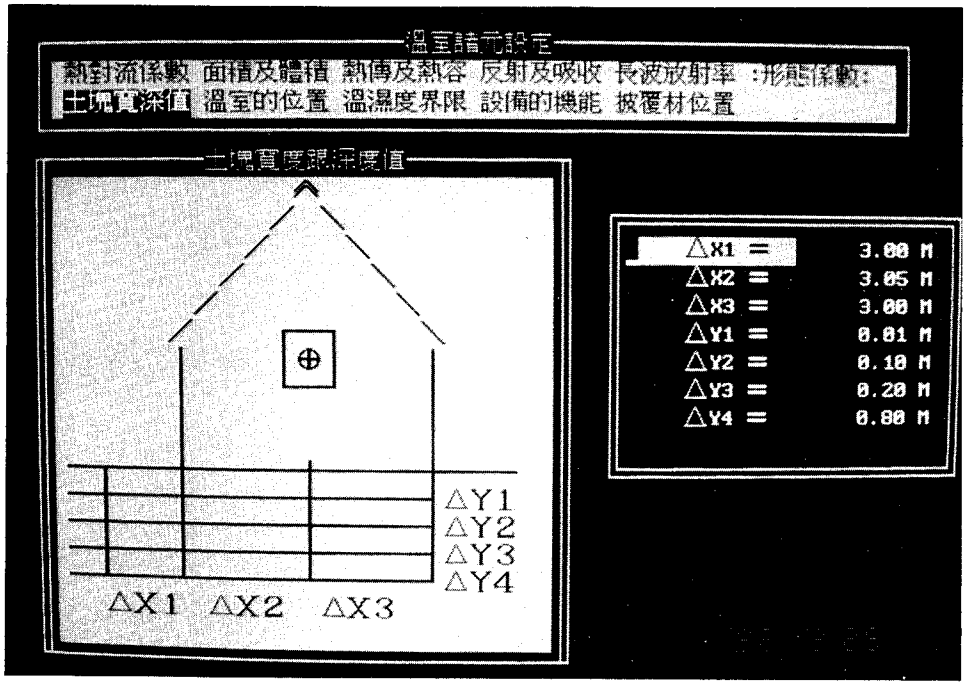



圖 11　該溫室土塊寬深值之設定

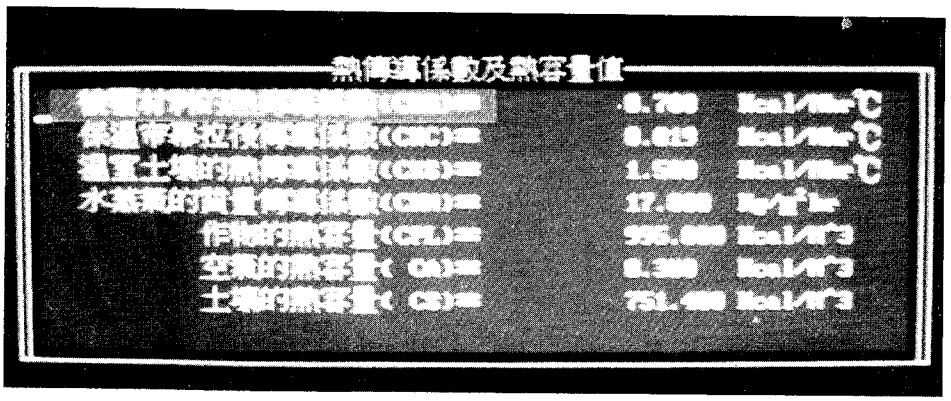



圖 12 該溫室熱傳及熱容各參數之設定

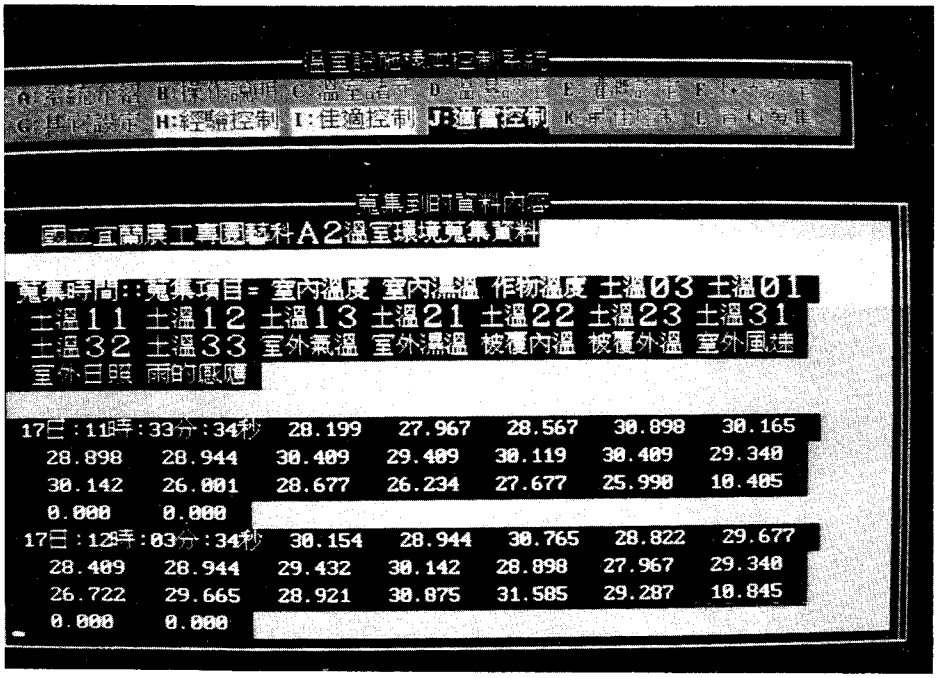



圖 13 該溫室微氣候資料蒐集內容視窗顯示

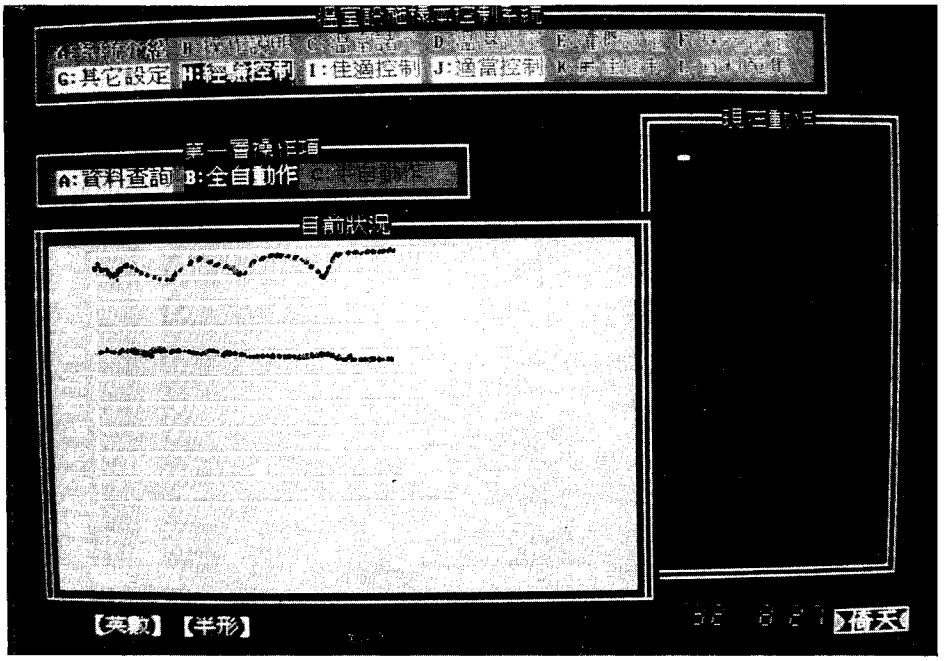



圖 14　該溫室在經驗控制檔操作下視窗顯示溫室內溫度、相對濕度及動作設備之情況

# 液體除溼技術於農業溫室應用

主講人：高復國、唐棠

工業技術研究院能源與資源研究所

中華民國八十一年九月四日

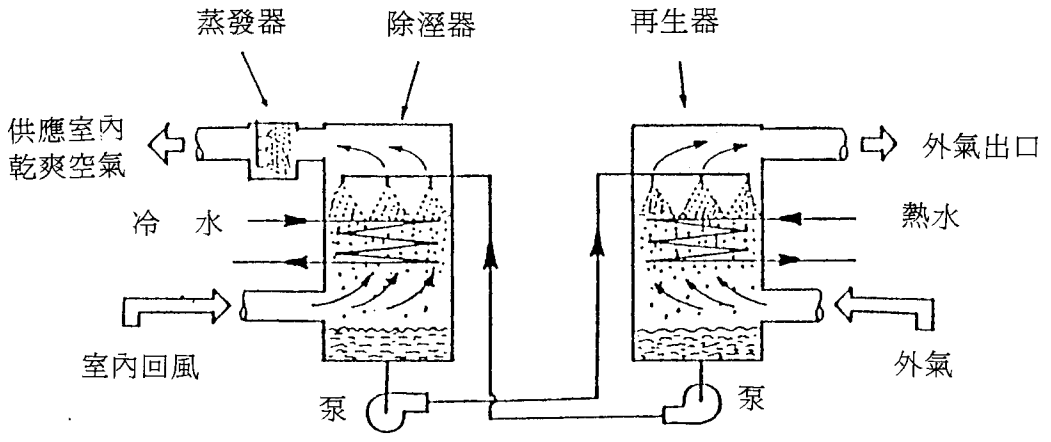
## 一、技術介紹

現有除溼方式探討

| 除溼方式 | 除溼設備 | 空氣狀態 | 優點 | 缺點 |
|---|---|---|---|---|
| 壓縮除溼 | 空氣壓縮機<br>配合冷卻盤管 | -20℃露點 | 構造簡單造價低 | 除溼時風量小<br>運轉費用高 |
| 冷凍除溼 | 冰水冷卻盤管 | 7℃露點 | 構造簡單造價低 | 無法提供低溼空氣<br>、且運轉費用大 |
| 固體除溼 | 蜂巢轉輪式 | -67℃露點 | 可除至極低溼度<br>狀態空氣 | 潮解問題、造價高<br>，製程技術高 |
| 液體除溼 | 除溼／再生器 | -29℃露點 | 除溼量大<br>再生溫度低、節約能源 | 溶液腐蝕問題，溶<br>液逸失 |

## 液體除溼技術

「液體除溼」是利用化學溶液(例如三乙基乙二醇)在恆定濃度下，降低溫度產生吸水效果，並利用高溫時釋放溶液中水份，再回復至原濃度的一種化學吸收除溼技術。




液體除溼技術流程圖

## 液體除溼特性

1)系統體積不大，適合大風量的低濕環境需求

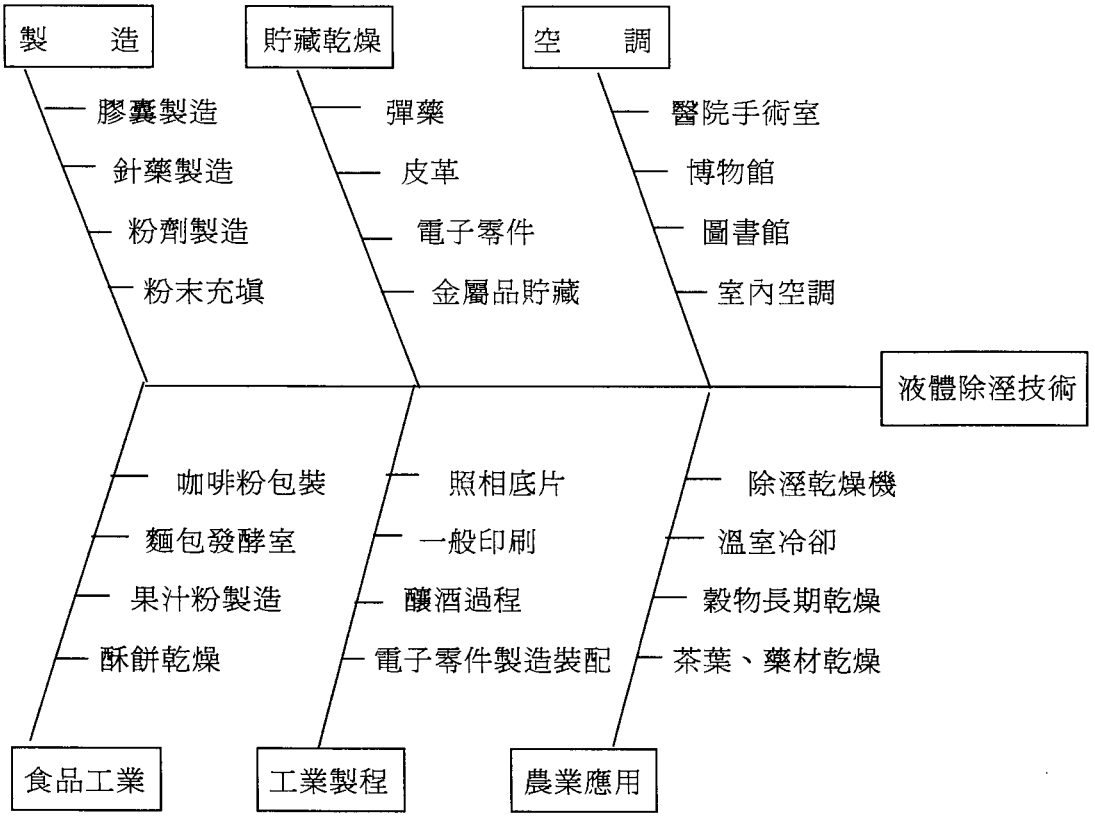
2)系統僅需低溫熱源便可提昇溶液溫度而達到濃縮要求

3)除溼溶液(三乙基乙二醇或氯化鋰)本身具有殺菌功能

4)應用於農作物乾燥，可確保品質

5)無結霜之虞

## 二、市場分析




液體除溼技術市場應用圖

## ·國內目前應用液體除溼系統的情形及投資成本

| 生產廠家 | 使用場所及用途 (套數) | 成　　本 |
|---|---|---|
| 美國<br>Niagara公司 | 1.林口酒廠－釀酒環境(1)<br>2.嘉義酒廠－釀酒環境(1)<br>3.花蓮酒廠－釀酒環境(1)<br>4.高雄市立美術館－美術品保存(1) | 投資約5000萬元 |
| 荷蘭<br>Kathabar公司 | 1.林口酒廠－釀酒環境(1)<br>2.屏東酒廠－釀酒環境(1)<br>3.華興鋼鐵－鋼鐵貯存(2)<br>4.華隆鋼鐵－鋼鐵貯存(2) | |

## 技術成果效益

太陽能液體除溼空調技術在國內由工研院能資所研究開發下已逐漸地擺脫實驗階段，而本年度除了完成性能更高，操作更爲穩定的系統外，更積極地尋找本系統的技術定位及適用對象。由於國內屬高溼高溫的氣候，一般由國外直接引進的液體除溼冰水主機並非十分地適用於台灣地區尤有甚者這類國外產品運至國內裝機後，尚未正式運轉已有外殼生鏽的現象，而產品成本又十分昂貴，所以液體除溼本土化技術實有值得推廣的價值，評估本技術除了一般空調應用外，其他在相關產業方面的應用空間分述如下：

**1.煙酒製造業：**

一般煙草產品的製造與釀酒廠內蒸餾酒精的過程，往往需要極低的溼度保持品質的恆定。如林口酒廠、嘉義酒廠、屏東酒廠等均有引進美國Niagara公司及荷蘭Kathabar 液體除溼空調系統控制環境室的溫溼度，這兩套系統的熱源部分採用工廠廢熱或是鍋爐蒸汽供應再生溶液用，另外再配合一套電力供應的壓縮式冰水主機以達到降溫用除，不僅投資成本龐大，而且消耗能源不小。這個市場需求完全建在低溫低溼的出口空氣條件(出口空氣溫度5℃，溼度爲60％)，因此一般的傳統空調由於結露的影響，無達到這個需求，而常溫低溼式液體除溼系統除去空氣中水分後再輔以冰水主機降低顯熱，不僅無結露(霜)的問題，並可減少冷凍負荷達成節約能源的目標，減少不必要的投資浪費。

**2.農業方面：**

a)溫室：國內許多農業試驗所、改良場、及民間經營的一些高附加價值的花卉種植均採用恆溫恆溼的溫度提供生長環境。一般溫室由於結構特性均可採用加熱空氣進行濃縮溶液的方法以節省能源消耗，以屏東某種植蝴蝶蘭的溫室環境條件爲例：白天在25～28℃，溼度70～80％，夜晚22～25℃，溼度爲70～80％的控制環境下，可改變蝴蝶蘭在非產期間不開花的既定原則，在各國均無法提供花卉的9～11月間也能外銷至它國，增加市場競爭條件。

b)穀物，種苗乾燥：

高水份的環境將加速穀物及作物種苗的發芽、發霉，進而腐壞，如此將影響售價。一般可採用高溫的乾燥方式除去該物的含水量，但是加熱的方式將會影響日後種苗的發育，因此

種苗的儲存必須藉著由常溫乾燥的方式，低溼式液體除溼冷卻技術正可以運用於這方面的乾燥需求。

### 3.食品工業

食品製造與加工業(如：麵包廠產品包裝、奶油、糖果、巧克力、肉和肉類產品，脫水食品等)往往將溼氣減低到最少，以避免食品本身品質、口味及構造受到影響。且液體除溼劑本身往往有殺菌能力，可保持環境清淨的功能。

### 4.電子工業

電晶體的製造若處在一高溼度下會造成半導體材料的衰退；封裝的過程必須在乾燥的氮氣及氦氣的條件下完成，過於潮溼的空氣會損壞到電子零組件的生產及貯藏。

## 三、研發過程與成果

### ‧動機

目前國內對液體除溼的研發仍付之闕如，本所在四年前執行太陽熱能應用技術研究發展，初期就洞悉除溼技術的應用將在日後的市場上佔一席之位，所以便積極進行液體除溼技術的本土化開發，輔以太陽熱能爲濃縮除溼溶液的熱源，設計製造出省能源的高效能液體除溼系統。

### ‧能資所技術現況與發展

1)熱源使用方面

可設計採用太陽熱能、電能及瓦斯三種不同熱源加熱溶液予以濃縮的技術。

2)再生／除溼器方面

可設計採用填料或採用鰭管熱交換器的再生器與除溼器，並具備高效能的要求。

3)蝴蝶蘭溫室方面

可設計配合蝴蝶蘭溫室大小的液體除溼降溫系統，目前已與多家蘭花業界接觸以協助其降溫需求。

4)農作物低溫乾燥方面

可設計確保農作物品質的除溼乾燥系統，目前台東農改場已開始使用本系統，其他農政單位亦頗爲重視。

**・與國際水準之比較**

| 項目／單位 | 國　外　研　究 | 本　所　技　術 |
|---|---|---|
| 除溼器 | 小型實驗<br>效果尚可 | 已建立大型填料式及鰭管式兩款除溼器，除溼效果良好，掌握設計上know-how，且移轉國內業界。 |
| 再生器 | 小型實驗<br>效果不佳 | 已建立大型填料式及鰭管式兩款再生器，其中採用高溫溶液濃縮的效果更獲來訪國外專家讚許。 |
| 熱源使用 | 僅用瓦斯加熱溶液或電熱、太陽能加熱空氣 | 已建立太陽能、瓦斯及電熱三種加溫的設計技術，並在太陽能方面獲致高效率濃縮設計。 |
| 系統 | 僅Colorado State University 建立一套小型實驗系統實地運轉 | 1.建立世界上第一套大型太陽能液體除溼冷卻系統<br>2.建立第一部商業運轉之低溼式除溼乾燥機<br>3.建立第一套配合溫室結構之省能除溼系統 |

## 四、農業上的應用

### 1.溫室太陽能除溼冷卻系統

利用本所研發之液體除溼技術，配合現今玻璃溫室結構，吸收太陽熱能，發展出溫室太陽能除溼冷卻系統，應用於蘭花溫室內的降溫。預估蝴蝶蘭在非產期時市場經濟效益爲目前4～5倍，即有節省能源且改善蘭花品質增加利潤之雙重功效。

進行地點：1.屏果東港某蘭花溫室

2.台東農業改良場

### 2.常溫低濕式除濕乾燥機

習知穀物乾燥均使用熱風烘乾，但常造成殼物品質降低。本所研發之常溫低濕式除濕乾燥機係使用低濕度(10～30%)的常溫(28～35℃)空氣與作物接觸進行乾燥，如此可確保農作物的品質恆定。

進行地點：1.台東農改場之特用作物室

2.桃園農業改良場

### ・農業市場潛力分析

1.國內蘭花溫室約60公頃(181500坪)，以130坪溫室投資除溼系統約60～70萬元而言，預估未來本系統之市場產值有：83,769萬元。

2.根據資料顯示，目前熱風乾燥機每年的營業數額約爲 5億元，預估若低溼式除溼乾燥機能順利打入市場，初期應有 1億元的產值。五年後訂定的成長率爲150%，屆時在農業乾燥技術上即有兩項產品可供選擇。

## 五、未來研發與技術推廣

1.工業方面

1)建立混合型液體除溼空調的本土化技術，提供相關產業的應用，並提昇我國在除溼空調上的技術地位。

2)配合國內機電業，建立液體除溼的悟智(Fuzzy)系統，自動化監控系統的運轉，符合潮流所需。

2.農業方面

1)溫室自動化操控系統－日照量、溫度、濕度、換氣全控制系統建立

2)溫室降溫系統－朝成本降低、功能齊全、簡易操作的系統普及化努力

3)除濕乾燥機推廣－擴大本機組應用空間、積極地達成農業自動化、產品品質高級化的目標

## 未來發展方向

結合國內廠商發展系統技術以取代國外進口的昂貴系統，選擇下列場所爲未來應用的重點：

1)製藥業(榮民製藥廠……等)

2)食品加工業(味丹企業……等)

3)空調用途(無塵室及醫院……等)

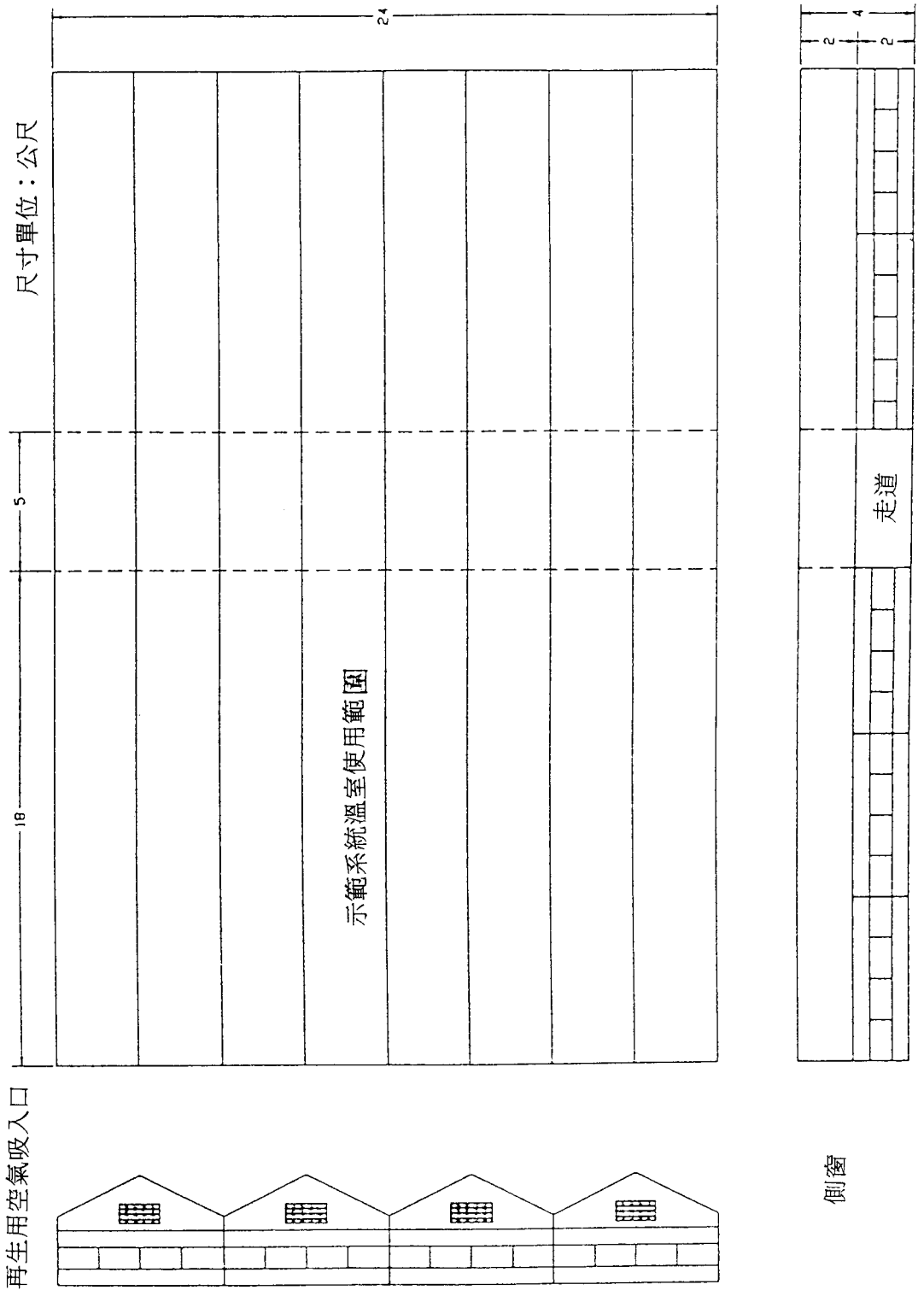
4)倉儲乾燥用途(市立美術館、各大報社……等)

5)農業用途(各農會、台糖公司及民間溫室……等)

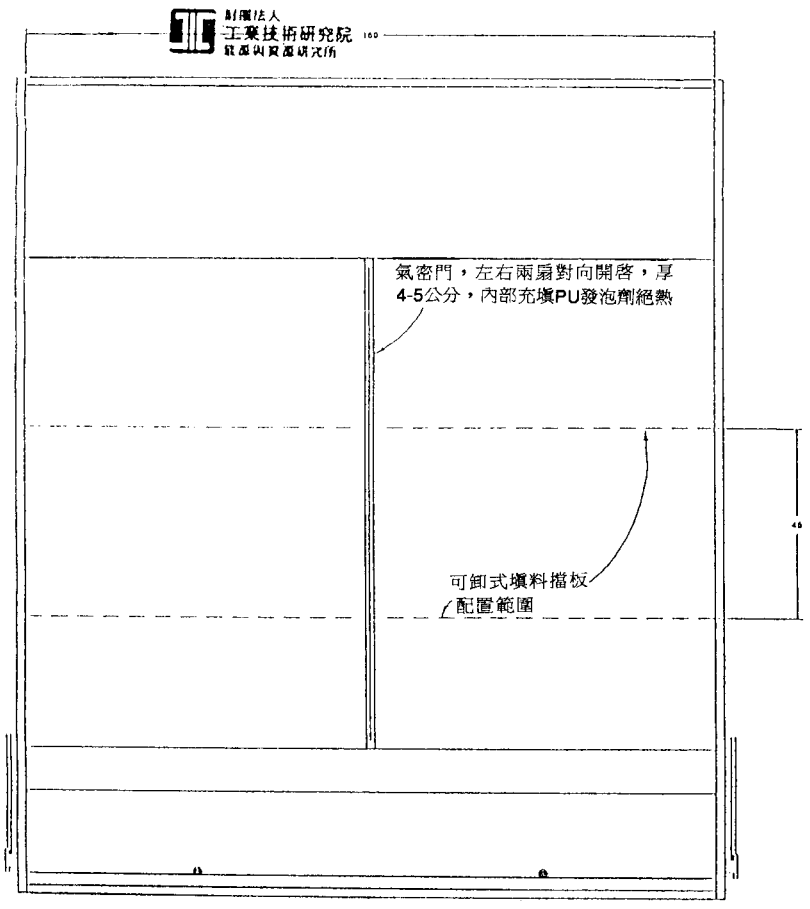
6)鋼鐵業(豐興、榮興及榮隆鋼鐵……等)

## 六、

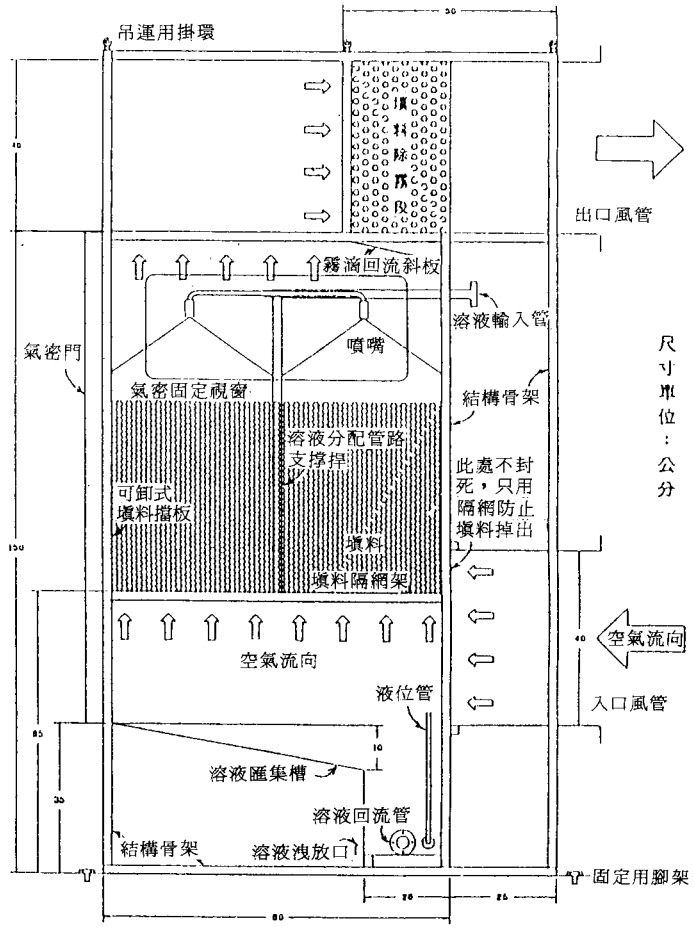
爲拓展太陽熱能及液體除溼系統於農業方面的應用，本計畫於屏東縣新園鄉建立了一座頂棚有收集太陽熱能功能的液體除溼降溫示範溫室。此溫室的頂棚由屋頂、百葉式調光系統及天花板所構成，除了可視日照强弱及蘭花生長需求，調整栽培區的照度外，並可將所截收的多餘日照能量用以加熱空氣，做爲驅動液體除溼系統再生組件所需的熱源。在日照强烈，溫室空調降溫負荷極重的夏季日間，即能以液體除溼系統承擔大部份空調負荷，從而降低原本必需全部仰賴冰水機時所耗的電能。在此種溫室中，業者可以最低廉的操作成本，創造出一個良好的蘭花栽培環境，以人爲的氣候，控制蘭化的生長及開花，達到按市場需求適時供應切花、增加收益的目的。




圖：示範溫室場地佈置及構形示意圖

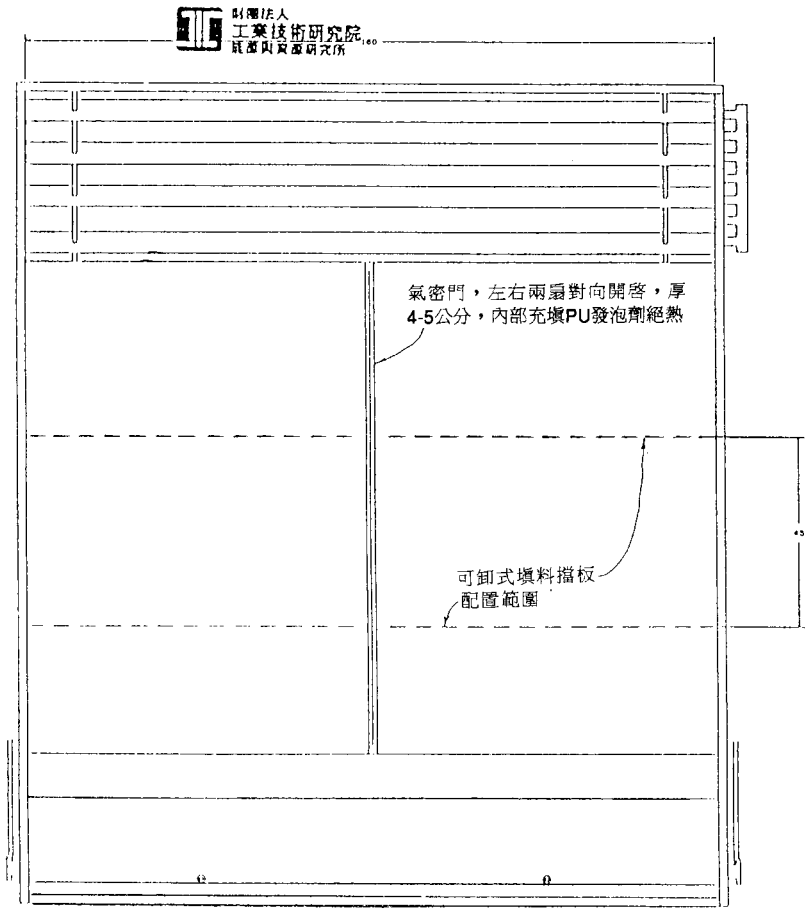



正視圖

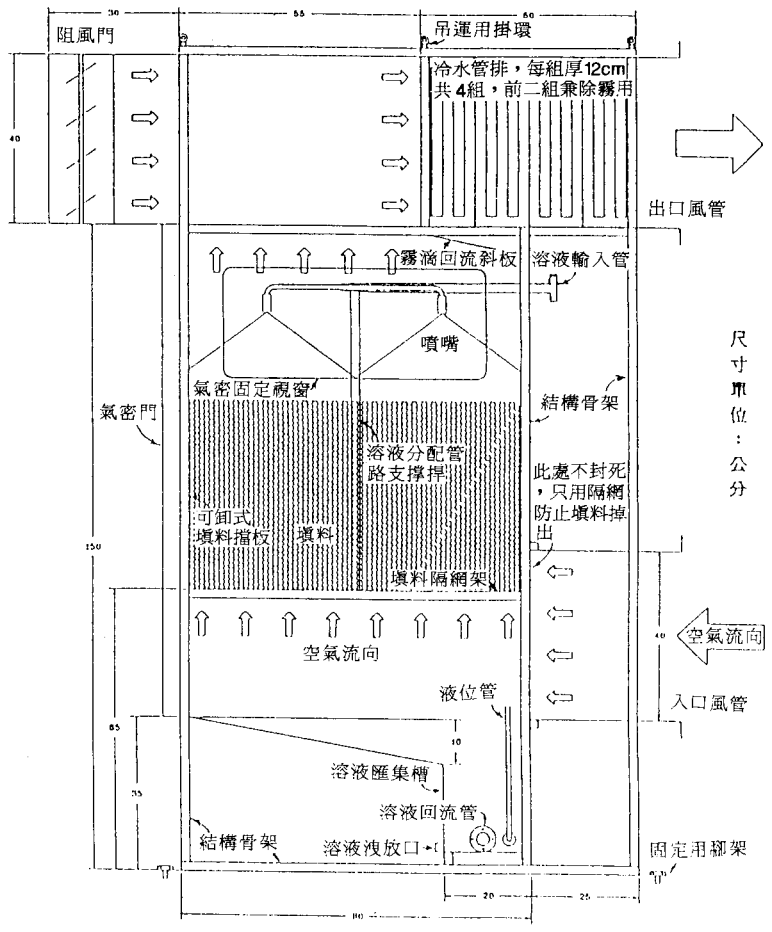



側視剖圖

**圖：再生塔設計**

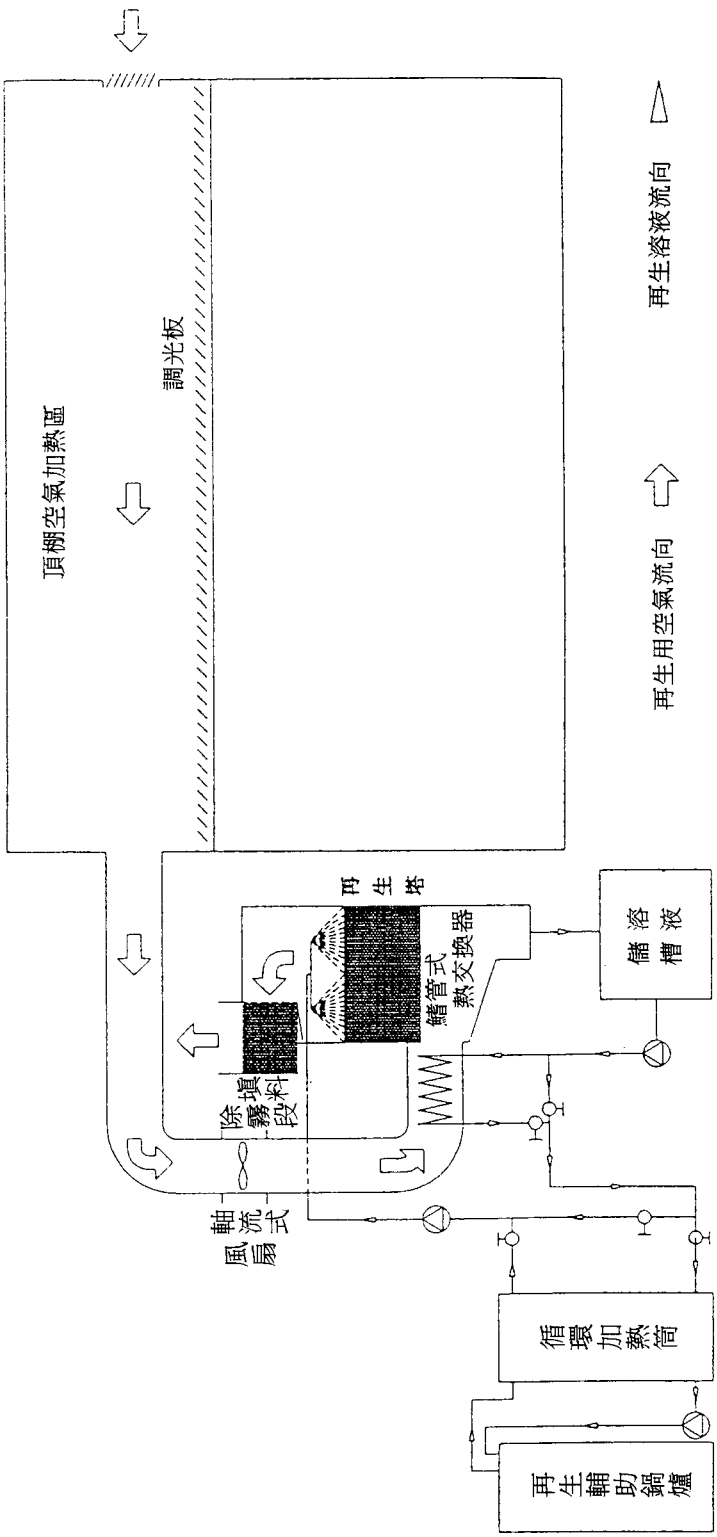



正視圖

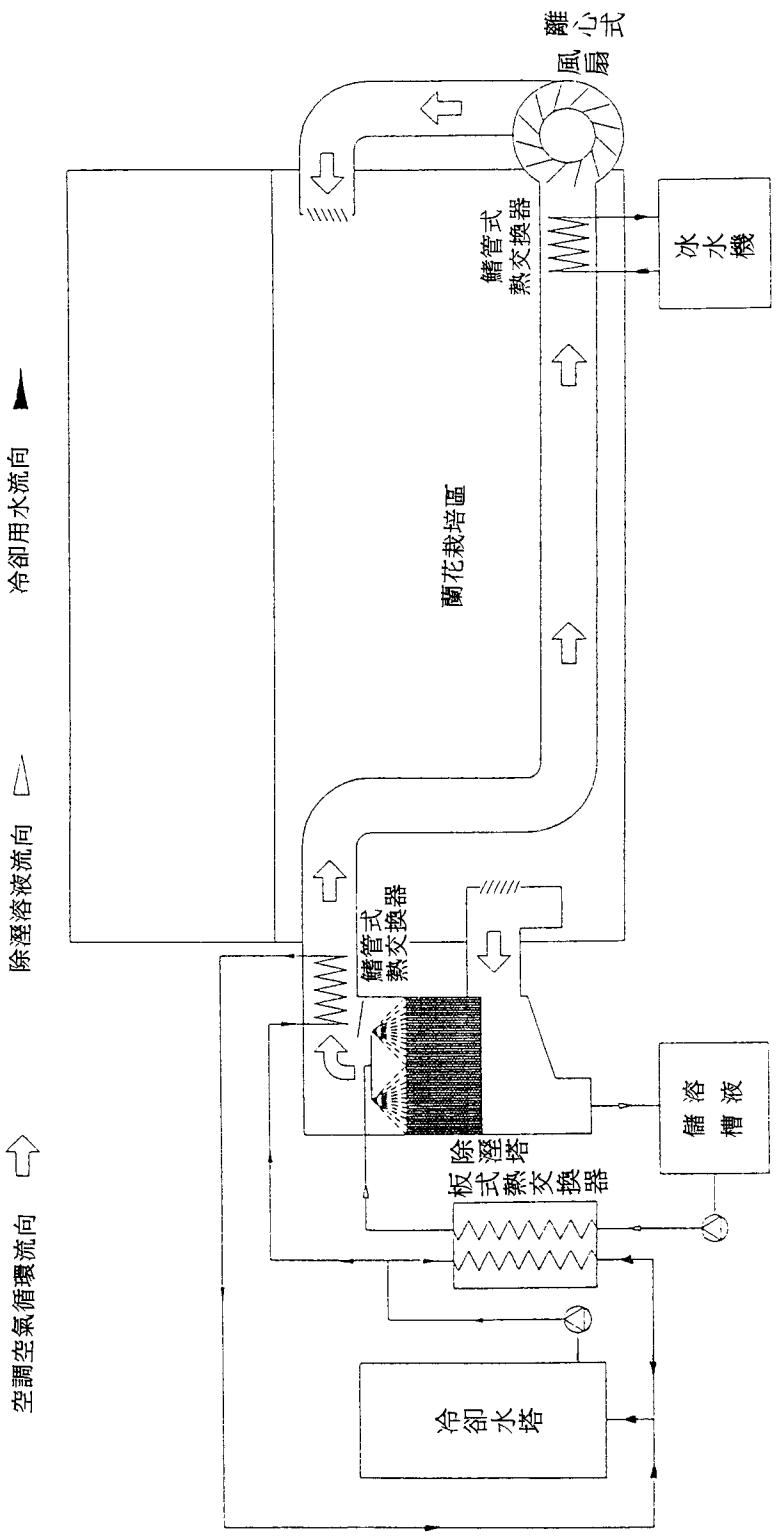



側視剖圖

**圖：除溼塔設計**


頂棚空氣加熱區
調光板
再生溶液流向
再生用空氣流向
再生塔
儲管式熱交換器
溶液儲槽
除霧填料段
軸流式風扇
循環加熱筒
再生輔助鍋爐

圖：溶液再生流程




圖：溫室空調降溫處理流程

# 溫室環控設施(計對大面積園藝)

壹：結構體(僅對環控影響部份說明)

1.木質系

2.鋼鐵骨系　　對溫室環控影響較大

3.鋁合金系

4.其他

貳：被覆體(玻璃、聚氯乙烯、聚乙烯、壓克力、F.R.P.等)→對光環境有影響

參：光環境(因作物光合成特性之不同而異)

1.強光40Klx以上

2.中光10～40Klx

須遮光設備

3.弱光10Klx以下

遮光系統：(a)固定式→例50%～95%

(b)可變式　a.水平移動式

b.水平多葉式

c.其它

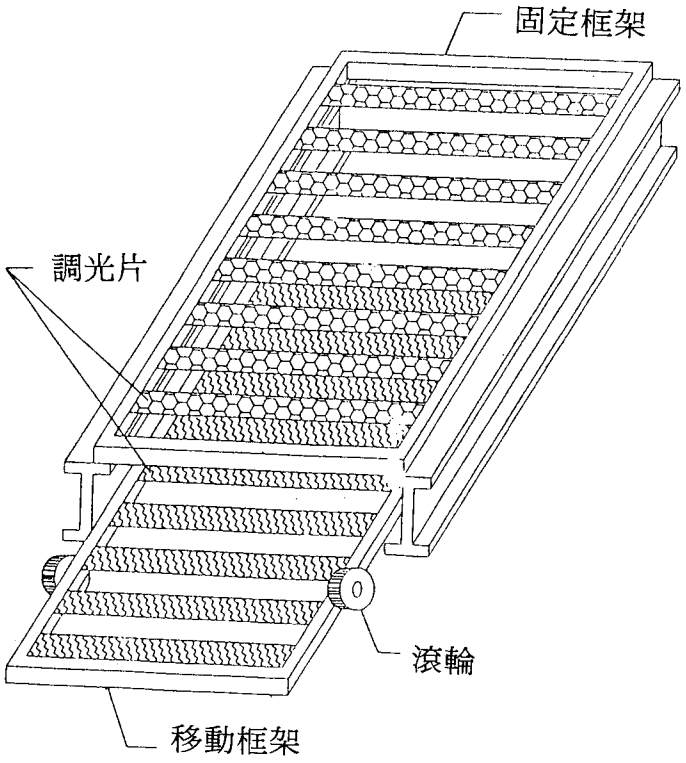
肆：溫濕度控制

1.液體除濕系統

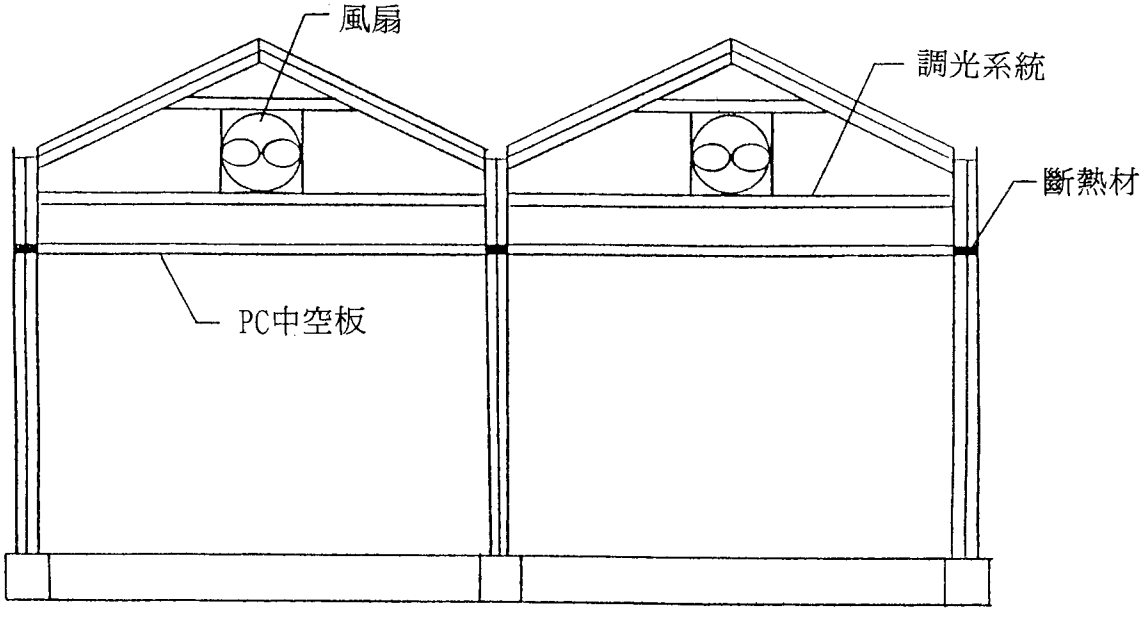
2.水簾及噴霧系統

3.壓縮機組冷卻系統

4.其它




水平移動式調光系統




改良型溫室

# 溫室電腦化控制系統之應用－環境控制

鄭榮瑞、盧子淵
台灣省台南區農業改良場
賴　建　洲
台灣省農業試驗所

隨著科學技術之日新月異，農業生產技術也不斷求新求變，設施栽培之精緻化、高品質化產物已爲消費者高度需求，而經濟型態的轉變、農村勞力之不足及老化，溫室栽培自動化之發展爲勢之所趨，而電腦化正是使農業經營管理脫胎換骨的尖兵。溫室電腦化控制系統可充分支援各項作業，環境控制則是利用溫室內外環境因子如溫度、濕度、日照、光度、二氧化碳、雨量、風速、風向、土壤或介質水分、培養液之酸鹼值、EC值等變化量，透過A-D I/O 介面與電腦連線，經過電腦CPU單元之運算及與使用者的條件設定值比較分析後，再透過D-A I/O介面分別驅動環控設備，使溫室內微氣象環境得到精確控制，目的在能依設施生產作物之生育最適化條件得到最佳生育環境控制，以達到增收、高品質化、省能源化及防止人爲管理錯失，節省人力需求，確保生產的安定化。國外雖已極其普遍應用電腦於溫室環境與作業操作控制，但以其現有產品並不能完全適用於本省之氣候及環境條件。因此，配合本省環境、氣象條件與農友之需求的本土化溫室控制所需電腦化系統實乃需要。

## 二、試驗設備與方法

### ㈠試驗設備

1.試驗用玻璃溫室一棟。

2.16位元個人電腦一部。

3.PCA48 PC-ACQUISITOR A-D&D-A控制介面一組。

4.負載保護控制器一組。

5.電源整合保護繼電器一組。

6.環境控制感測用溫度、濕度、光度、風速及風向感測器。

### ㈡試驗方法

1.微控軟體程式及硬體界面進行撰寫、測試及修改一以溫度、相對濕度、光度、風速及風向爲控制指標。

2.溫室環境自動化控制系統整體設備之規劃及應用探討

⑴根據溫度或風向指標，針對自然通風之天窗及側窗自動開閉裝置進行功能測試、修正。

⑵根據溫度、濕度或風量指標，針對强制通風控制之風扇進行功能測試、修正。

⑶根據溫度、濕度指標，針對蒸發降溫之水牆、微噴灌霧化降溫及通風管進行功能測試、修正。

⑷根據溫度或光度指標，針對光環境管理之自動遮陰設備進行功能測試、修正。

⑸根據溫度指標，針對根溫管理之自動降溫或加溫設備進行功能測試、修正。

## 三、結果與討論

1.本試驗以溫室環境控制應用，發展溫室溫度、濕度、光度及自動噴權設施之電腦化自動環境控制系統。可作自然通風控制、强制通風控制、蒸發降溫控制、根溫管理控制及光環境管理控制等。

2.電腦化自動控制系統，以16位元個人電腦爲主控裝置，電腦程式根據溫室內、外之溫度、濕度、日照、風速及風向等變因以培基及組合語言撰寫，控制操作爲全螢幕式交談式之操作系統。

3.透過具有48點感測器訊號輸入功能的數值、類比訊號轉換控制器，隨時將溫室內溫、濕度、光度、風速及風向等變化，透過熱電偶、濕度計、光度計、風速計及風向計等感測器，以每秒 500點掃瞄輸入，經過運算分析後，可作64點以上輸出控制。順序操作側窗、天窗、遮陰網、導流通風管、換氣扇、冷水板、噴灌裝置及根溫管理裝置等，使之溫室內之環境條件可依需要作完全自動控制。

4.所有環境條件變化、感測之數值透過自動資料擷取程式定時擷取儲存，可經由LOTUS作資料列表或趨勢圖形顯示分析。

5.經由選項可作系統環境設定、操作條件設定、開始操作設定及輸出操作設定等，系統於監控操作中可不中斷監控作業進行系統條件修正。程式啓始設定後，具系統自動記憶保護功能，不因斷電等而影響操作條件，使溫室環境條件得以維持在恆定狀態。

## 四、檢討與結論

1.本計畫根據溫室環境控制之需要，完成溫室電腦化環境自動管理控制系統規劃，主要包括自然通風控制、强制通風控制、蒸發降溫控制、根溫管理控制及光環境管理控制等單元。

2.系統程式以培基語言撰寫，螢幕顯示中文化。以16位元個人電腦爲主控裝置，根據溫室內溫度、濕度、光度、風速及風向等感測

結果與設定值進行分析比較後，可順序操作側窗、天窗、遮陰網、導流通風管、換氣扇、冷水板、噴灌裝置及根溫管理裝置等。

3.本省設施栽培近年來發展迅速，自動化仍勢之所趨，唯國內之溫室環境控制系統概由國外引進，不但價昂且其設計規劃乃依國外之環境而設，往往不適於本省亞熱帶氣候，玫其功能無法有效發揮，即使想作程式修正也往往受限技術機密而不得其門，近年來在此方面之研究已漸受重視，因此如何加速推動科際整合，以發展實用系統甚或專家系統，應及早規劃。

4.溫室環境之自動化控制除軟體的發展外，與自動化有關之硬體介面、感測器、驅動馬達、控制裝置等硬體設施，也宜作整體性的研究測試，以有效降低設備投資成本。

# 塑膠布溫室環控系統之研究

陳　加　忠
台灣省農業試驗所農工系副研究員

## 摘　要

在此研究中開發適用塑膠布溫室之環控系統。此系統包含感測系統，控制設備與邏輯控制器，溫、濕度與日照量量訊號傳送至此控制器並與設定值加以比較。控制器之邏輯控制策略係由溫室微氣候模式發展而成。經比較判斷後，控制器輸出適切訊號以指揮控制設備。長期性能測試結果顯示所控制溫度值與設定值其平均差異值於2℃之內。溫室內日照量能維持穩定狀態。長期使用下無異常故障。單一之控制設備可用以執行特殊之環控需求。

# Development of Environmental Control System for Plastic Greenhouse

## Summary

An environmental control system for plastic greenhouse was developed. The system consists of the sensing system, control equipments and logical control device. The values of tem-

perature, relative humidity and solar intensity were transmitted to the control device and compared with the setting valaes. The control stragety of the logical control device was developed by the greenhouse microclimate model. The logical control circuit device send the adequate signals to commend the control equipments. From the long-term performance test, the average deviations between control values and setting values of temperature was within 2 ℃ . The solar intensity within greenhouse could keep a stable condition. No serious damages have happened for the control system. Individual control device can execute the specifical control work.

## 一、 前 言

台灣地區住於亞熱帶，終年氣溫炎熱，雨量充沛，本來適合各種作物之生長，但是由於不良逆境之存在如夏季强日射能，暴雨、强風、颱風，各地區漫長雨季與冬日偶至之寒流，造成作物之損害與產量不穩定。爲求生產品質的提昇，農業設施之應用乃是必要，而溫室即爲設施生產中主要的應用設備。

溫室依荷蘭溫室施工國家標準手冊之定義，包括三項基本條件：1.由透光材料組成，2.具有屋頂與牆壁，3.人員能於內部作業。而溫室使用之主要目的在於提供作物良好的生長環境，因此溫室必須裝設種種控制設備與控制系統，才能依據業者需要加以內控制內部環境，因此溫室環境控制爲溫室生產中基礎之設備。

國內作物生產之應用設施以塑膠布溫室爲主，爲克服國內特殊之不良環境，適用的塑膠布溫室必須能遮蔭，防雨、防風與保溫，因此其結構以開放型爲主，也必須有密閉之功能。

國外之溫室環控設備已有多年之研究，並已商品化應用於其溫室

生產。國內在溫室環控之研究方始於起步階段。此研究之目的在於針對國內所擯用之塑膠布溫室，利用已完成之感測系統與溫室環境模式之研究，開發製造環控系統，並執行耐久試驗，以評估其環控能力。

## 二、 文獻探討

歐洲之溫室環控研究與應用已有多年，其溫室結構因使用地區而不同。在北方如德國、荷蘭、英國與北歐諸國等因平均氣溫低，日照弱，其溫室之結構以氣密良好之玻璃溫室爲主。在升溫方面，利用溫室效應與熱水管加熱。又因終年溫度低，如荷蘭之夏天平均溫度爲18℃，最高溫度爲22℃，因此利用自然通風即可減少熱累積之要求。在環控方面，主要的環控設備在於熱水管的升溫與天窗之開啓（陳, 1992e ）。有關之環控研究即在於此兩種環控設備之控制性能，例如以機電裝置執行控制（Davis, 1984）。近年來微電腦之利用日益普及，其在環控之應用方面也有多人研究（Matthew et al, 1986; Milanuk et al, 1987; Saffel and Marshall, 1983; Willitis et al, 1980a , 1980b ）結合電腦對資料之貯存，運算能力，並配合環境模式進行溫室環控已是目前玻璃溫室最常利用之技術（ Giacomelli, 1991; Hopper, 1986a, 1986b,1987, 1988; Tantau, 1985a）。 在以數學模式結合控制原理之應用技術也已有完善之研究（ Tantau, 1985b; Udink Ten Cate; 1986)。在未來之應用方面，主要的方向在於結合專家系統於環控策略進行控制作業 (Jacobson et al, 1989)，並研究以作物反應爲依據執行環控（Stanghellini et al, 1992）。

在歐洲南部地中海沿岸地區，因其夏季之高溫高濕氣候，其溫室以高架屋頂，四周開放之塑膠布溫室爲主，（Feuilloley et al, 1990; Verlodt et al, 1990）其環控設備主要係應用單片控制電腦爲主控設備（陳，1991b）。

日本在1987年的統計資料顯示其溫室栽培面積約43,000公頃，其中玻璃溫室約佔4%左右，其餘96%爲塑膠布溫室。在溫室發展中，由於其塑膠業工業的迅速發展，其溫室材料與結構均已規格化，連棟溫室之間有良好排水槽，以避免雨水流入之問題。在通風系統方面，天窗、側窗均可裝置開啓機構，在側面有捲起裝置，共同配合進行自然通風作業，在加溫方面，爲節省能源，除了利用雙重塑膠布或自動遮簾裝置設備，更研究地熱交換系統，配合熱泵技術以進行環境內溫、濕度調整。在成本考慮因子下，利用離峰用電之電力，配合蓄冰裝置以進行降溫工作。日本溫室環控之特點在於複合環境控制等略之研究與應用，其控制依據在於考慮作物生長之生理需求，而各環境因子之設定範圍區分爲四階段：1.制呼吸作用期，2.促進光合作用期，3.加速光合作用期，4.流轉促進期。控制設定點之決定氣象因子爲：1.溫度，濕度，2.日照强度之上下限，3.累積日照量等 (施設園藝協會，1988)。

近年來之研究重點在於結合定量之系統工程與定性之專家資料庫共同執行環控作業（Kozai, 1985）。

國內有關溫室環控之研究已有多年，主要之研究對象皆以玻璃溫爲主。例如台糖公司由自荷蘭進口精密溫室，而轉至自立發展蝴蝶蘭溫室（ 黃, 1991）。台南改良場之研究係以國內自建之溫室爲本體，利由個人電腦爲控制主體進行環控試驗（鄭, 1992）。桃園改良場以日本式溫室爲研究對象，探討遮蔭，通風等環控設備對溫室內微氣候影響（游等, 1992）。爲森林林業用溫室之環控需要，台大森林系亦提出條件序控系統之相關研究（梁與郭, 1991）。在環控設備的利用中，由於本省高濕之氣候，使水牆（Fan and Pad ）之利用效率不高，因此也有應用除濕系統於溫室環控之探討(林, 1991; 高與唐,1992)。有關溫室環控之感測系統，台糖研究所（黃, 1991）與台大森林系（梁

與郭, 1991）曾有自行研究開發之報導。

完整之環控研究除了感測與環控設備之介紹，更應包括控制系統與控制策略，在環控性能方面，控制結果與預定目標之離差分佈，控制設備之持久特性均需要加以測定(Hooper, 1987, 1988)。然而在國內有關之溫室環控研究方面，均未有環控策略與環控性能之完整報導，此外在應用個人電腦方面，僅有進行資料收集之功能（黃，1991；鄭，1992），其作業方式類似數據收集器（Date Acquisition）之功能，僅有監視功能（Monitoring function）而未有控制功能(Control function）。因此適用國內環境之溫室環控設備有自行開發研究之必要。

## 三、材料與方法

完整的環控系統應包括四大研究項目：

A、溫室結構與環控設備

B、感測系統

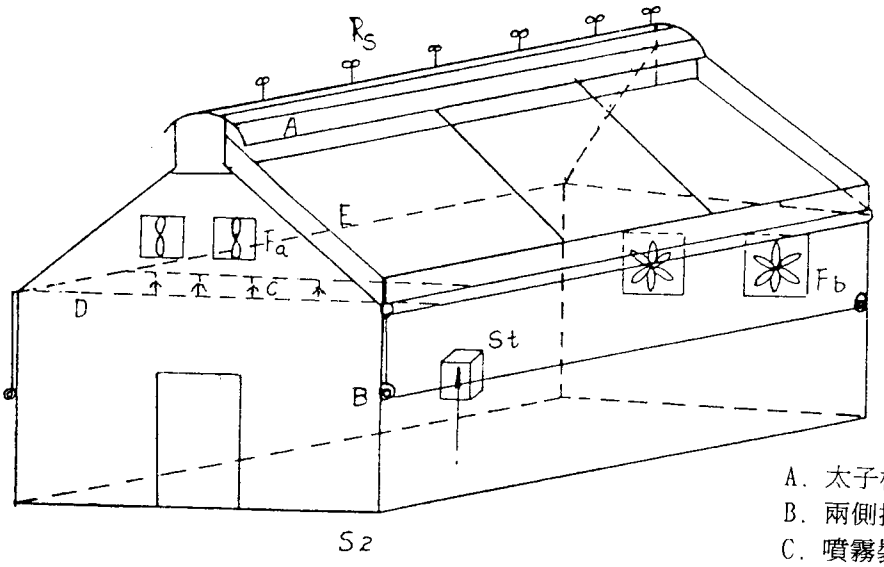
C、環控模式

D、控制系統與控制策略

此研究所開發之控制系統依序介紹如下：

### ㈠溫室結構與環控設備

環控性能試驗用的塑膠布溫室爲山型屋頂，骨架爲鐵材，底部有混凝土地基。屋頂係開放型之太子樓頂，保持於開啓狀態。其覆蓋材料爲ＰＶＣ單層塑膠布，透光率約 45 ％。兩側牆壁爲捲揚式，可以以馬達操作其塑膠布昇降。機械通風作業具有大風扇兩具，小風扇四具，以進行不同風量之環控性能研究。此山型屋頂溫室示意圖如圖一。




A. 太子樓屋頂
B. 兩側捲起裝置
C. 噴霧裝置
D. 內遮蔭
E. 外遮蔭
Fa：小風扇
Fb：大風扇
Rs：屋頂洒水
St：溫，濕度計
S2：日照計

**圖一 山型屋頂溫室**

Fig. 1. The Gable roof greenhouse.

屋頂外爲50%遮蔭之遮蔭網，與屋頂斜面平行，溫室內部有50%遮蔭網與地面平行，遮蔭網皆可利用馬達操作。

溫室地面爲碎石地面，地表上放置盆栽觀葉作物，占地面面積40%。

溫室長度12m，寬6m，高度2.8m，屋頂斜度23.4，屋頂與四壁總面積260 $m^2$，體積250m。

溫室內部裝置噴霧用噴頭，利用噴霧機產生細霧以進行蒸發冷卻，噴霧作業爲間隔式，其作業與中斷時間均可調整。屋頂另設洒水裝置。

㈡感測系統

此環控系統之感測部份包括大氣溫度，相對濕度，日射強度，溫室內部溫，濕度，日射強度。感測器裝設位置如圖一所示。內候之量測位置在溫室內部中心點高度1.2 m處。感測器皆具有覆蓋（Shield device）設備以避免陽光直射引起之誤差。

溫度感測元件爲 RTD PT－100，誤差±0.1℃。濕度感測元件爲電容式 Rotronic Hygrometer C－83－N，經校正後誤差爲1.0％。溫度，濕度之輸出訊號爲 0－1 V，校正方式如同陳氏等（1990）之研究。

日照能量之量測元件爲光二極體 INS－TARI型。輸出訊號爲 0 ～2V，準確性±20 W／$m^2$，此型感測計之開發與校正已有詳細探討（ 陳等，1992d）。

㈢環控模式之應用

環境模式之研究目的在於由已知溫室本身結構，材料等物性條件下，由外界環境條件（大氣溫度、濕度、日照量等）與溫室環控設備的動作情況，得以預測內部溫、濕度與日照量值。在模式的驗証研究（陳等，1992b，1992c，1992d ）結果，溫度預測準確性約±2℃，濕度預測準確性約±6％RH。此環境模式之研究結果在溫室環控設備的開發利用，主要的應用有兩類：決定環控能力與環控策略。

環控能力係指環控設備對溫室內微氣候的控制局限，以溫室內溫度之控制爲例，各環控設備的控制局限說明如下（陳等，1990b）

A.充份遮蔭之開放型溫室：

因無溫室效應，最佳狀況可低於外界大氣溫室1.0 ℃左右。

B.通風

在良好機械通風下，內部氣溫與大氣溫度相同。

C.蒸發冷卻

所能降溫之極限介於大氣乾球與濕球溫度之間，無法低於濕球溫度，其降溫能力受到降溫設備之機械效率所影響，以國內氣候條件，降溫效果約：

(A)利用噴霧設備，可低於大氣溫度2～4℃。

(B)利用水牆（Fan and Pad)，可低於大氣溫度5～7℃。

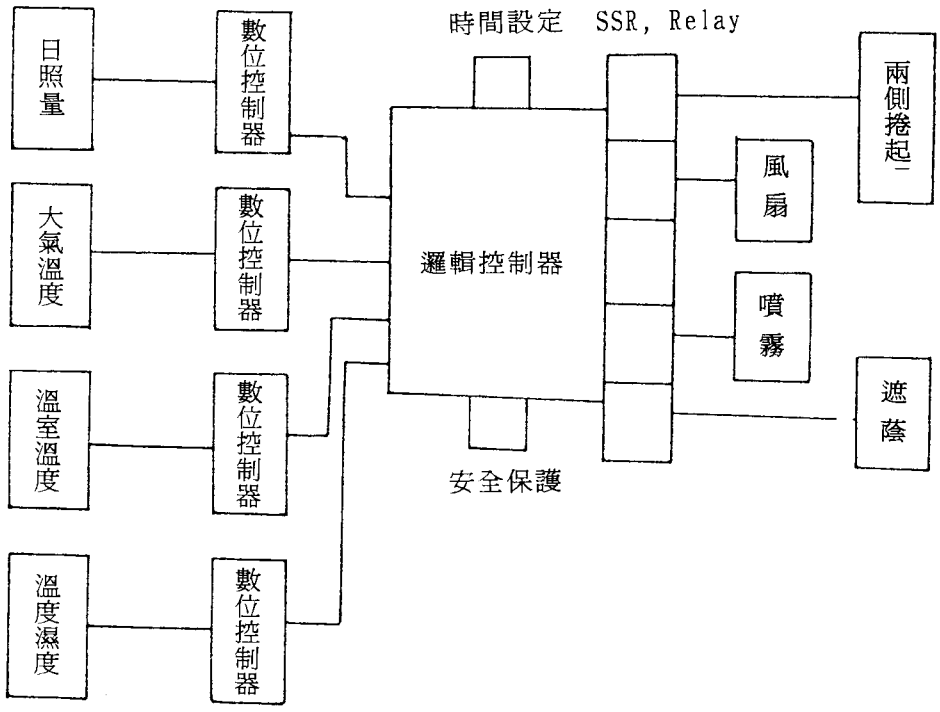
如同溫度之降溫極限，環控設備各有其控制極限，環控系統作業能力僅能在其控制極限內執行，無法超越此極限限制。此研究所用溫室其環控設備係利用噴霧裝置，因此其控溫極限爲低於大氣溫度3℃左右。

**㈣控制系統**

此研究所開發完成之控制系統，TARI－AEI型，其示意圖如圖二所示，由台北新店森鴻電機公司承製（註）。

控制系統接受溫度，濕度與日照量強度感測器之類比訊號，經由數位控制器轉換爲數位訊號（Digital signal）。數位控制器本身有ＬＣＤ顯示幕以顯示訊號。感測器輸入訊號有四項：大氣乾球溫度，溫室內部溫度，相對濕度與大氣日照強度。日照強度單位爲W ／$m^2$。在太陽光光譜可見光的範圍下（波長400～700 nm），日照強度（w／$m^2$）與照度（lux）有比例關系存在，換算公式爲：$W/m^2 = 107.5lux$ ，因此使用者可依應用需要加以換算。

控制系統可提供使用者設定四項參數：溫室預定控制溫度，容許溫度上限，溫室內部相對濕度與日照量。容許溫度係指比作物最佳生長溫度更高，但未到達妨害生長之溫度。




**圖二 TRAI-AEI 型溫室控制系統**

Fig. 2. Diagram of the TARI-AEI greenhouse control system

在傳統單項控制中如以Thermostat 控制風扇開關均未考慮溫室因子日照能量，溫濕度三者之關係，良好的控制系統必須考慮此種交互效應。在此研究所開發之控制系統，感測器輸入的數位訊號與使用者設定條件利用邏輯控制器（logical control device）進行比較。邏輯控制器內之邏輯比較判斷線路之控制迴路係依環境模式之研究結果加以設計，形成一種智慧型的控制策略。控制策略之判別結果再發出命令，經由固態繼電器（SSR），繼電器（Relay）等元件指揮兩側捲起，遮蔭，風扇，噴霧等環控設備。由於環控設備之作用係經由智慧軟體判斷加以控制，因此每次控制作業方式並非完全相同，係依外界環境與設定條件而決定動作。

此種環控控制策略正著手申請專利。

在控制系統之結構主體方面，可進行分散式利用，依其組件分別獨立執行單項環控作業，例如可以以遮蔭控制器單一控制遮蔭網。

### ㈤環控性能研究

此環控系統利用山型塑膠布溫室進行爲期8個月的環控試驗，外在的氣候包括加溫，降溫等不同項目，在逆境情況下有暴雨，强風，長雨季……等。內外環境資料之收集記錄係利用Ling－Shyh型記錄器（ Model LS－ELR－48 ）。

(註)：文中所提及公司名稱僅述明試驗設備之生產工廠，並無忽略其他廠家之意。

## 四、結果與討論

### ㈠環控系統性能測試

典型的環控系統其控制性能測試結果如表一。在當日作業條件中，溫室設定條件如下：日照量130 w／m， 氣溫30℃，相對濕度下限60％，由控制結果可知，在溫度控制方面，溫室內部溫度平均值爲31.1℃，與設定值30℃之控制離差值（Difference values ）在-2.1～2.5℃ 之間，而其絕對平均離差值爲1.36℃。相對濕度之控制方面，均能滿足大於60％之要求，溫室內部日照量亦不高於130 w／m。

### ㈡遮蔭控制性能

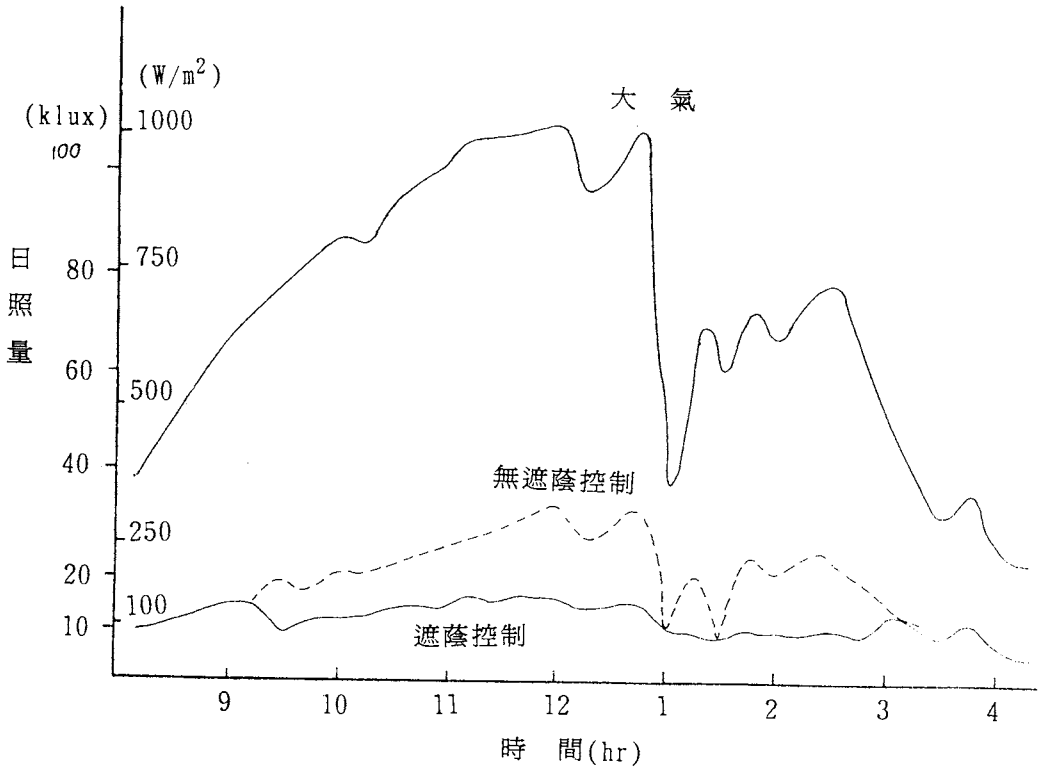
利用環控系統中日照量的控制部份執行溫室內日照量單一項目控制。溫室內部的光强度控制性能以圖三爲代表，在無外遮蔭控制時，僅利用內遮蔭網（50％遮蔽率）與塑膠布屋頂（穿透率

表一 環控系統性能試驗

Table 1: Performance test of the environment control system

| 時間 時 | 分 | 大氣溫度 (℃) | 溫室溫度 (℃) | 誤差值 (℃) | 溫室溼度 (%RH) | 大氣日照量 (w/m) | 溫室日照量 w/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 30 | 28.5 | 29.9 | -0.1 | 63.5 | 420 | 88 |
| | 45 | 28.7 | 30.5 | 0.5 | 63.1 | 470 | 90 |
| 9 : | 00 | 28.6 | 30.0 | 0.0 | 65.5 | 437 | 127 |
| | 15 | 28.9 | 30.6 | 0.6 | 65.2 | 323 | 94 |
| | 30 | 28.9 | 30.3 | 0.3 | 65.1 | 369 | 107 |
| | 45 | 29.7 | 31.6 | 1.6 | 59.1 | 523 | 118 |
| 10 : | 00 | 30.4 | 31.7 | 1.7 | 61.6 | 527 | 119 |
| | 15 | 30.4 | 31.8 | 1.8 | 64.6 | 472 | 106 |
| | 30 | 30.3 | 32.7 | 2.7 | 68.9 | 311 | 75 |
| | 45 | 30.0 | 31.2 | 1.2 | 75.7 | 381 | 86 |
| 11 : | 00 | 30.3 | 31.8 | 1.8 | 72.4 | 171 | 40 |
| | 15 | 28.8 | 30.3 | 0.3 | 90.1 | 108 | 25 |
| | 30 | 27.1 | 29.2 | -0.8 | 92.2 | 50 | 20 |
| | 45 | 25.4 | 28.2 | -1.8 | 95.5 | 84 | 20 |
| 12 : | 00 | 25.7 | 29.0 | -1.0 | 85.4 | 376 | 85 |
| | 15 | 27.4 | 31.1 | 1.1 | 72.7 | 791 | 89 |
| | 30 | 27.1 | 29.2 | -0.2 | 64.5 | 965 | 109 |
| | 45 | 28.2 | 31.7 | 1.7 | 63.5 | 704 | 80 |
| 13 : | 00 | 28.8 | 32.2 | 2.2 | 64.2 | 390 | 105 |
| | 15 | 29.3 | 32.1 | 2.1 | 67.6 | 630 | 71 |
| | 30 | 29.4 | 31.9 | 1.9 | 73.6 | 320 | 72 |
| | 45 | 29.3 | 31.4 | 1.4 | 78.2 | 250 | 57 |
| 14 : | 00 | 29.2 | 30.9 | 0.9 | 65.5 | 191 | 43 |
| | 15 | 28.8 | 30.8 | 0.8 | 65.4 | 230 | 51 |
| | 30 | 28.9 | 31.4 | 1.4 | 64.8 | 724 | 89 |
| | 45 | 30.5 | 32.5 | 2.5 | 67.1 | 416 | 94 |
| 15 : | 00 | 31.1 | 31.3 | 1.3 | 69.2 | 483 | 108 |
| | 15 | 30.4 | 32.5 | 2.5 | 70.2 | 450 | 101 |
| | 30 | 30.7 | 32.0 | 2.0 | 71.1 | 353 | 80 |
| | 45 | 30.1 | 32.1 | 2.1 | 65.2 | 307 | 69 |
| 16 : | 00 | 29.8 | 32.1 | 2.1 | 66.3 | 400 | 90 |
| | 15 | 30.1 | 31.7 | 1.7 | 67.5 | 378 | 85 |
| | 30 | 30.2 | 31.3 | 1.3 | 68.5 | 360 | 81 |
| | 45 | 30.0 | 30.6 | 0.6 | 70.6 | 302 | 68 |
| 17 : | 00 | 30.1 | 30.2 | 0.2 | 71.6 | 276 | 62 |

溫室平均溫度：31.1℃，絕對離差平均值：1.36℃




**圖三 溫室遮蔭性能**

Fig. 3. Shading performance of greenhouse

45%）時，其溫室內部日照量將如圖中虛線所示，其日射量成不均勻分佈。

在以日照強度大於600 w／m 爲控制設定值進行遮蔭網環控作業，控制目標爲12 lux（約100 w／m）時，其控制結果如圖中實線所示，由此可知控制結果，可合乎要求。

**㈢溫度控制性能**

由溫室環控模式之研究可知，利用溫室兩側塑膠布的啓閉，可以達到適度之增溫。在減少熱累積方面，其制用風扇降溫極限即是接近大氣乾球溫度。

圖四a 之溫室環控溫度條件爲29℃，當日最高溫度爲28.5℃，因此此爲典型之溫室效應應用。由圖中大氣溫度之起伏變化可知海島氣候下溫度之不穩定性。溫室內部溫度經環控設備調整之後其分佈則趨向平緩，最大偏離值出現於正午12時～13時之間，但低於2℃。

圖四b 之溫室內部溫度控制條件爲31℃時，與當日大氣溫度比較，亦爲加溫與避免熱累積之應用，當日正午時因雲層與小雨使氣溫極劇下降，環控系統在此之控制結果可避免內部溫度受其劇烈影響，內部溫度與大氣溫度之比較結果，環控作業有兩種作用：1. 更接近設定值，2. 溫度變化較爲平穩，可利植物成長。

圖四c 之環控試驗中，溫度設定值爲32℃，而蒸發冷卻裝置並未運用。當日之大氣溫度出現大於設定溫度之狀態。由於環控設備之極限，溫室內部溫度遠超過設定值。

圖五代表應用間斷式噴霧裝置進行蒸發冷卻以達到降溫效果，利用此方式可使溫室內部溫度低於大氣溫度約1.0～2.0℃。相對濕度則可維持70%以，溫度之實際控制結果與預設目標31℃雖有較大偏離量，但溫室內部之熱累積已大爲減少。

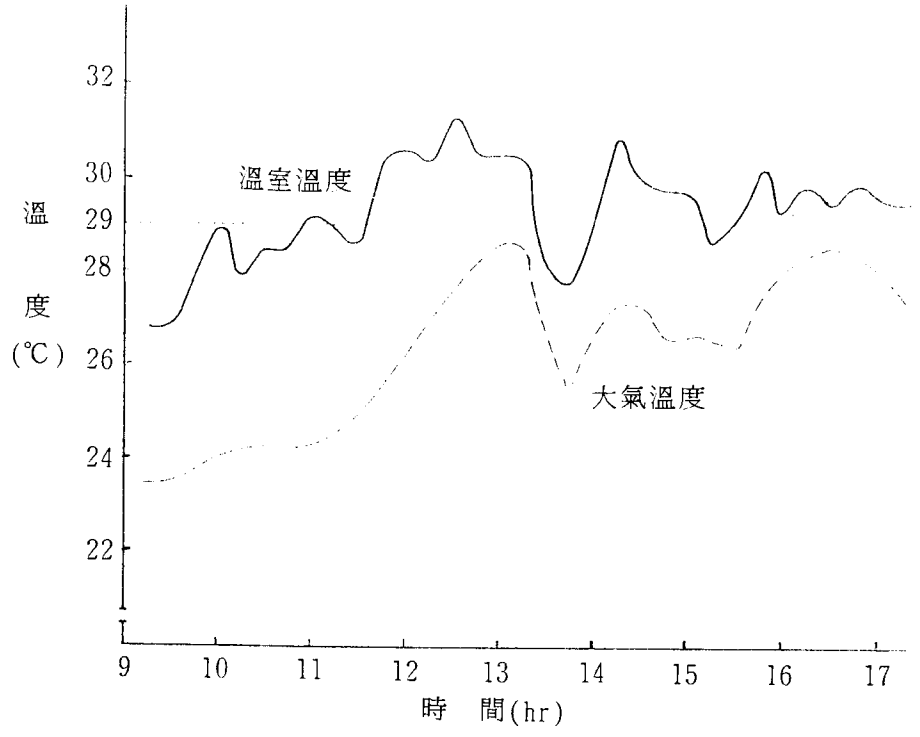
噴霧冷卻性能之影響因子包括噴霧間隔時間，霧粒大小，噴霧量，通風扇風量……等，詳細之性能研究有必要加强執行。

**㈣耐久性能**

此環控系統共經八個月的長期測試，由使用者設定各種環控條件以進行塑膠布溫室測試，此段期間除例行線路之檢查維護，無任何嚴重損壞。

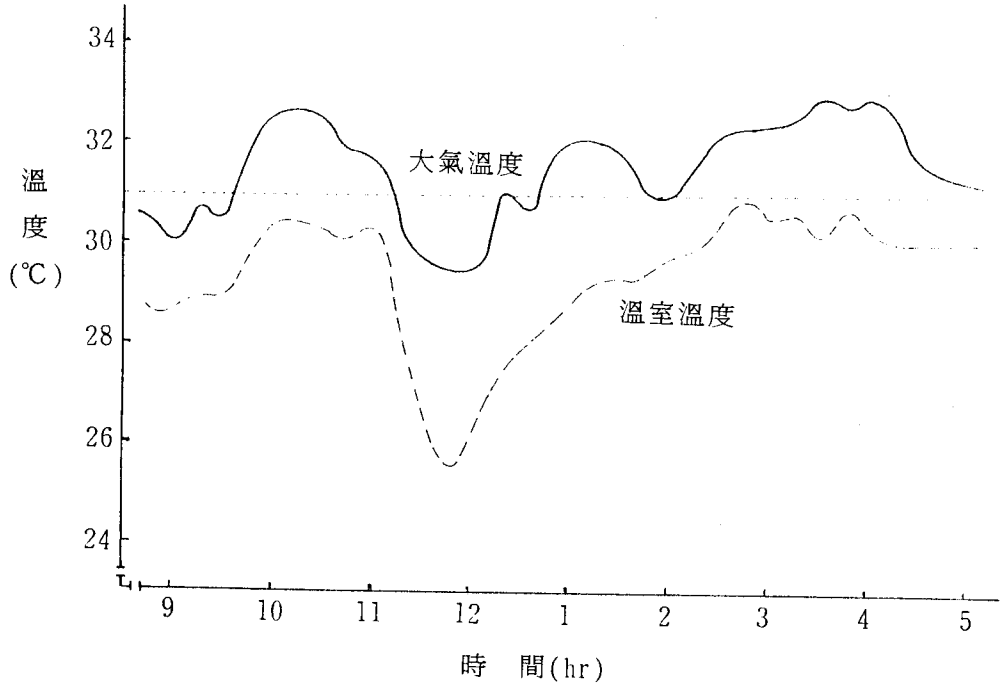
**㈤環控系統之擴充能力**

此環控系統所指揮的環控設備有兩側捲起，風扇，噴霧與外



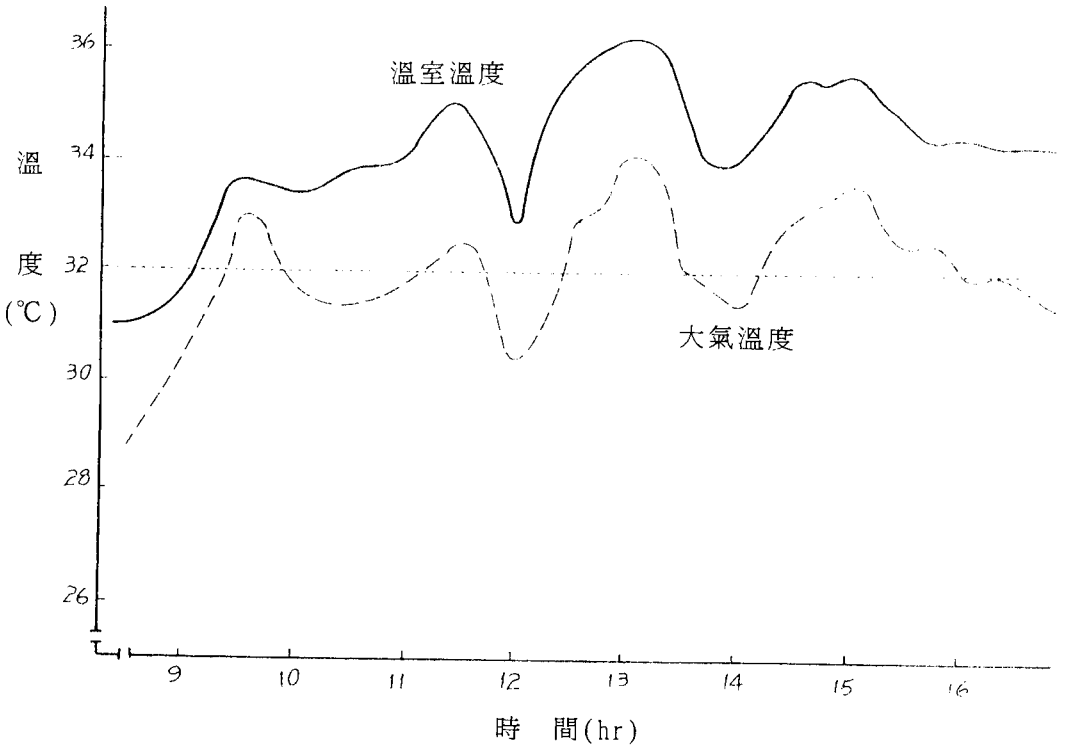

**圖四a 溫室溫度控制性能**

Fig4a Temperature control performance of greenhouse



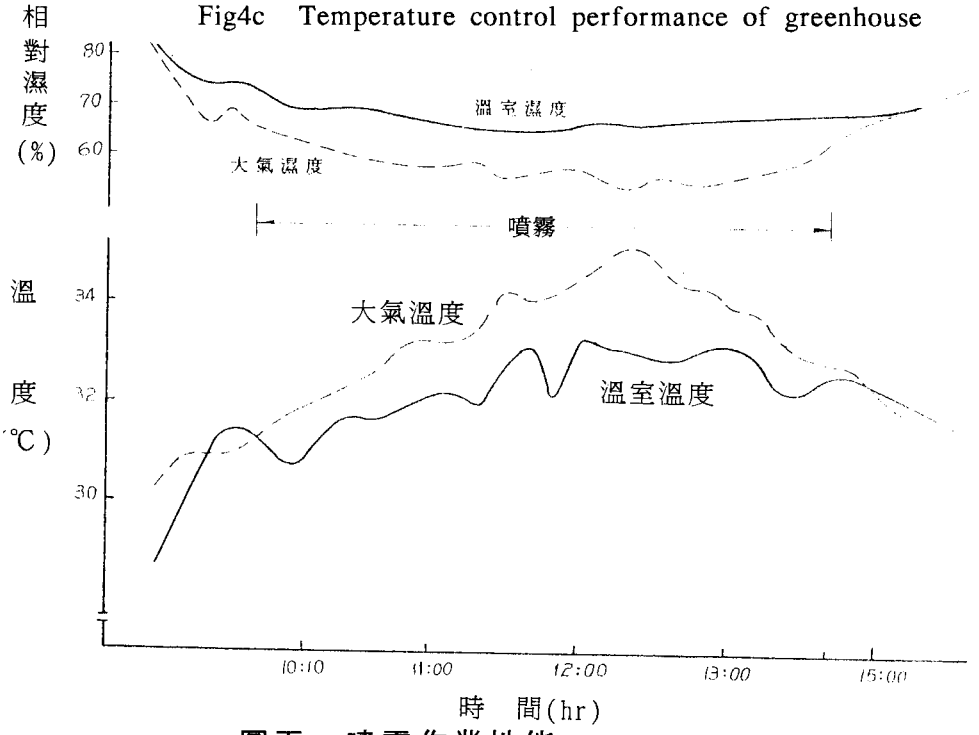

**圖四b 溫室溫度控制性能**

Fig4b Temperature control performance of greenhouse




圖四c 溫室溫度控制性能

Fig4c Temperature control performance of greenhouse




圖五 噴霧作業性能

Fig5 Performance of misting operation

遮蔭設備。但其環控能力可依環控設備之增設而加以增加。可增設之設備如下：

1.遮蔭網：可增加爲多重遮蔭，以符合不同之環控日照强度要求，日照量之設定可改爲以累計日照量控制。

2.太子樓頂：此爲固定式屋頂開啓設備，可改爲活動式天窗，以增加保溫加熱能力。

3.兩側捲起：可以以多段調整方式，以不同之捲起高度以調整溫室換氣率而進行環控。

4.通 風 扇：可設定風扇調整，以不同通風速率進行環控。

5.噴 霧：噴霧間隔的時間可加以設定調整，用以執行降溫設定。

6.屋頂洒水：溫室屋頂可加裝洒水裝置，在作業時形成水膜以調整溫室內部光質與日射量。

上述之環控備與相應之環控策略都可以加以設定並擴充於現有之環控系統，更多之環控設備與更複雜之環控策略可使溫室微氣候控制更爲精密，但是使用成本相對提高。

**㈥溫室環控之未來展望**

針對此研究中環控系統之開發與測試，對國內溫室環控系統之研究有如下之展望。

1.溫室栽培合理化規畫

溫室環控能力受到溫室本身結構，覆蓋材料與溫室所在地區自然氣候與季節變化之限制，環控設備只能在其環控極限之內進行環境控制，而無法超越環控極限，因此利用溫室栽培之前題應是因時因地規畫適合於溫室內部生長之作物，而依作物之生長要求再設計適用之溫室。

2.環控系統之控制性能與使用成本

環控設備愈完備，環控策略愈複雜，在環控極限內所能控制之微氣候則更爲精確，但其使用成本則更高，因此環控系統在應用時應結合作物生長之控制需求，並考慮環控之成本。

3.擴充環控系統之應用

此研究開發之環控系統可加以擴充應用至畜產、水產養殖之環境控制，例如噴霧降溫設備即適用於開放式畜舍夏日熱緊迫（ Heat stress）之疏解，在擴大使用範圍時，其成本即可相對之降低。

## 五、結　　論

此研究之目的在於以國內農民使用之塑膠布溫室爲環境控制研究對象，利用本國工業界所提供之技術開發適用本國環境之環控系統。此控制系統能接受外界溫、濕度與日照能量訊號，經邏輯環控電路與設定條件加以比較，判別後決定最適切之控制方式以指揮各種環控設備執行動作。此環控系統經由耐久試驗顯示其控溫精確度於2℃以內，無異常故障情形，其組件可分別執行各單項環控需求。

## 六、參考文獻

1.林安邦. 1991. 溫室自動化控制與管理系統. 農業生產自動化特刊第一輯 PP.41－48. 農業機械化研究發展中心。

2.游俊明, 吳世偉. 1992. 花卉育苗設施環境控制之研究. 桃園－農機－九. 農林廳所屬各場所八十一度度農試驗研究計畫執行成果。

3.高復國, 唐棠. 1992. 液體除濕技術於農業溫室應用. 工研院能源

與資源研究所液體除濕技術應用說明會。

4.梁亞忠．郭幸榮．1991・林業溫室條件序控系統之研究．台大實驗林研究報告 5(2):17-30.

5.陳加忠，曹之祖．1990．電子相對濕度計之性能評估．農業工程學報．36(4):79-96.

6.陳加忠．1991a．溫室栽培自動化之展望．農業生產自動化特刊第一輯．P.49-61．農業機械化研究發展中心．

7.陳加忠．1991b．研習種苗生產及溫室栽培自動化報告．

8.陳加忠，陳志昇，黃照明．1992a．溫室環境模式之研究(I)數學模式分析．中華農業研究 41(1):79-89.

9.陳加忠， 陳志昇，黃照明．1992b．溫室環境模式之研究(II)數學模式分析．中華農業研究．41(1):90-114.

10.陳加忠，1992c．農用日照計之性能試驗與評估．中華農業研究．41(2): 216-224.

11.陳加忠，陳志昇．1992d．遮蔭裝置對溫室微氣候影響之研究．中華農業研究.41(3):排印中.

12.陳加忠．1992e．荷蘭溫室之結構與環控設備 ．農業生產自動化特刊第四輯． 農業機械化研究發展中心．

13.黃東瑞.1991．自動控制在農機上的應用－溫室環境自動控制技術簡介．台糖公司訓練中心農機油氣壓訓練班講義。

14.鄭榮瑞．1992．溫室自動化系統之研究(三)・設施園藝之研究與技術開發七十九及八十年度研究成果報告．P.360－366。

15.施設園藝ハンドブワ．1988．日本施設園藝協會

16.Davis, P.F. 1984, Technique of adaptive control of the temperatwe in a greenhouse using ventilater adjustments. JAER 29:241－248.

17.Feuilloley P., Ch. Mekikdjian, F. Sevila. 1990. Static aeration in green-

house, ACTA 281:175 — 182

18. Giacomelli, G.A. 1991. Climate control of greenhouse environment, New Jersey Agricultural Experiment Station Paper NO. 1 — 01310 — 12 — 91, Rutgers University, New Brunswick, N.J. USA.

19. Hooper, A.W. 1986a. Environmental cotrol in the NIAE greenhouses. 1. The microcomputers. DN.1320, National Institute of Agri. Engin. Silsoe, Bedford, U.K.

20. Hooper, A.W. 1986b. Computer control of the environment in the NIAE research greenhouses. 2. Enhancements to the control and monitoring software DN. 1352. National Inatitute of Agri. Engin. Siloe, Bed ford, U.K.

21. Hooper, A.W. 1987. Software for monitoring and controlling the Venlo greenhouses. DN. 1407. AFRC Institute of Engineering Research, Silsoe, Bedford, U.K.

22. Hooper, A.W. 1988. Computer control of the environment in greenhouses, Computers and Electronics in Agiculture 3:11 - 27.

23. Jacobson, B.K., P.H. Jones, J.W. Jones and J.A. Paramore. 1989. Real - time greenhouse monitoring and control with an expert system. Computers and Electronics in Agriculture. 3:273 - 285.

24. Kozai,T. 1985. Ideas of greenhouse climate control based on knowledge engineering techniques. ACTA 174:365 - 373.

25. Matthews, R.B. and R.A. Saffell. 1986. Computer control of humidity in experimental glasshouse. JAER 33:213 - 221.

26. Milanuk, M.J., D.D. Schulte and G.E. Meyer. 1987. Micromputer environmental control and data acquisition system for an alpine greenhouse. ASAE Paper No. 87 - 4024. ASAE. St,Joseph, MI.

27. Nederlands Normalisatie - instituut. 1991. Standads committee 315 37 "Greenhouse".

28. Saffell, R.A. and B. Marshall. 1983. Computer control of air temperature in a glasshouse. JAER 28:469 - 477.

29. Stanghellini, C. and W. TH. M. VAN Meurs. 1992. Environmental control of greenhouse crop transpiratiom. JAER 51:297 - 311.

30. Tantau, H. - J. 1985a. Analysis and synthesis of climate control algorithms. ACTA 174:375 - 380.

31. Tantau, H. - J. 1985b. Greenhouse climate control using mathematical models. ACTA 174:449 - 460.

32. Udink Ten Cate, A.J.. 1987. Analysis and systems of greenhouse climate cintrollers.In:"Computer Application in Agricutural Environmrnts" ed. by J.A. Clark, P.1-18. Butterworths. Pub.

33. Verlodt, H., Ph. Verheye. 1991. Comparision of different systems for static ventilation of hemspheric plastic greenhouse. ACTA 281: 183 - 198.

34. Willitis, D.H., T.K. Karnoski, W.F. Mc Clure. 1980a. A microprcessor - based control system for greenhouse research: I:hardware. Trans of the ASAE 23(3):688-692.

35. Willitis, D.H., T.K. Karnoski, W.F. Mc Clure. 1980b. A microprcessor - based control system for greenhouse research: I:software. Trans of the ASAE 23(3):693-698.

# 環境控制相關系統介紹

報告人：溫光溥

中華民國八十一年九月八日

目　錄

一、工業控制器介紹
- CPU模組
- 通信模組
- I/O模組
- 分散式工業控制器系統

二、系統軟體

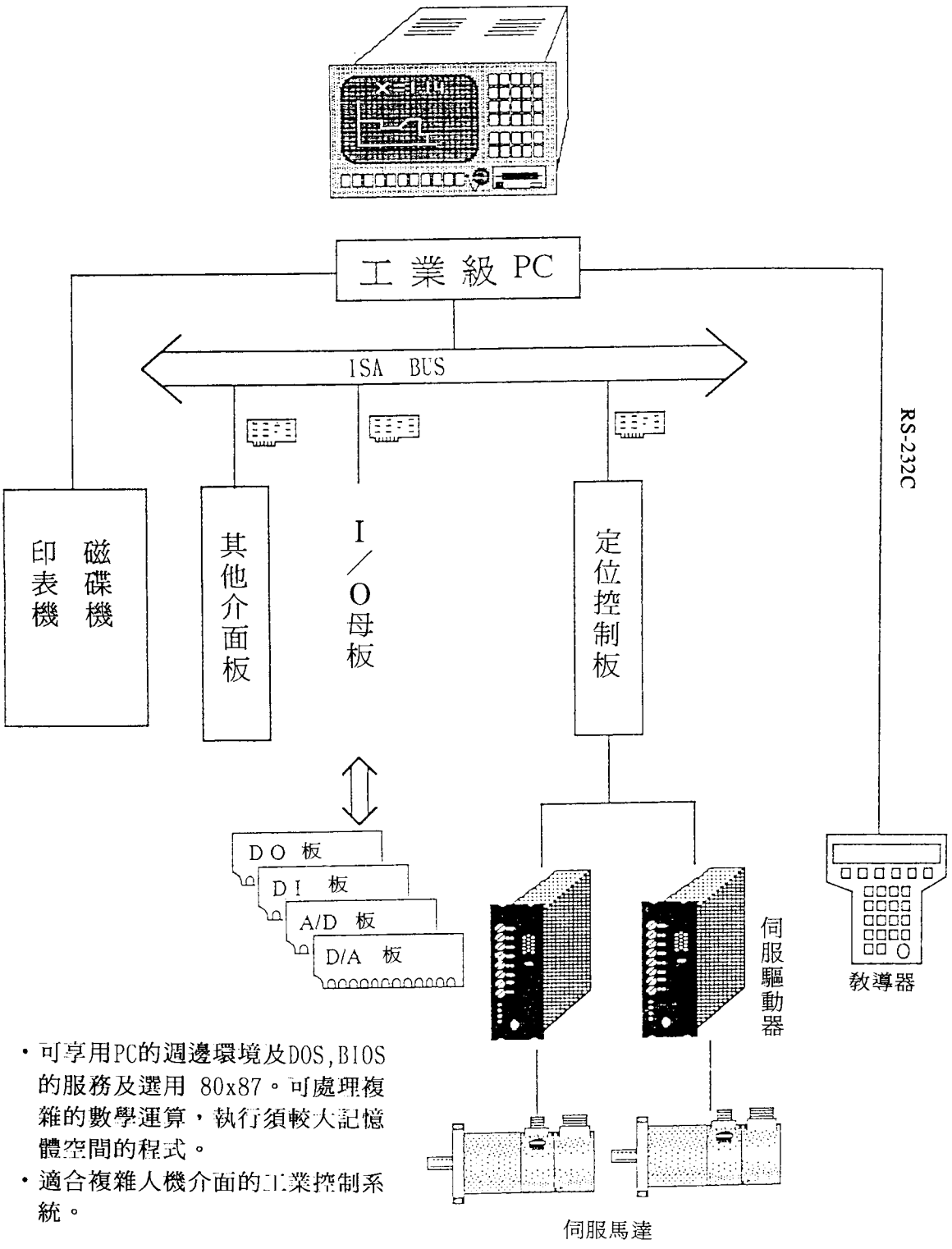
三、機器視覺模組

四、圖形監控系統

五、FUZZY LOGIC CONTROL SYSTEM

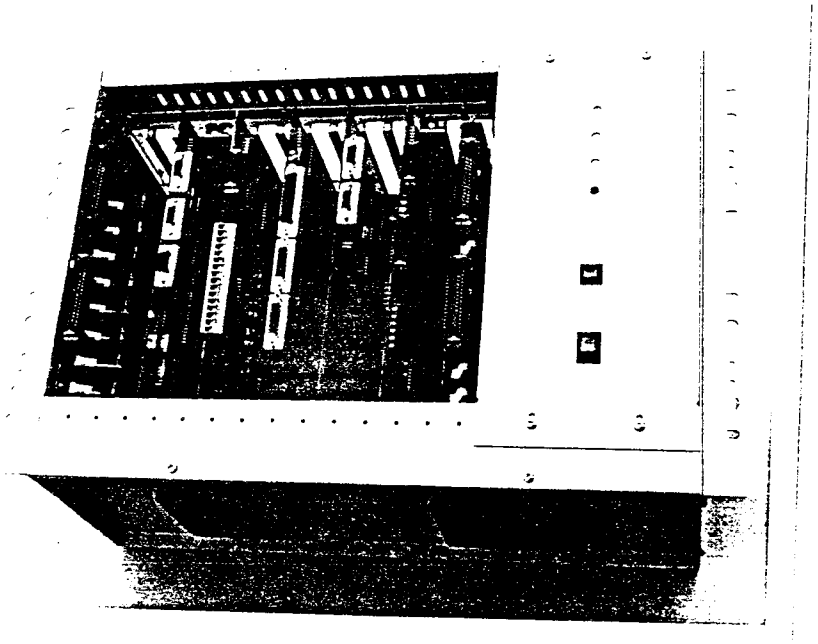
六、REFERENCES

# PC－Based工業控制器系統架構




- 可享用PC的週邊環境及DOS,BIOS的服務及選用 80x87。可處理複雜的數學運算，執行須較大記憶體空間的程式。
- 適合複雜人機介面的工業控制系統。

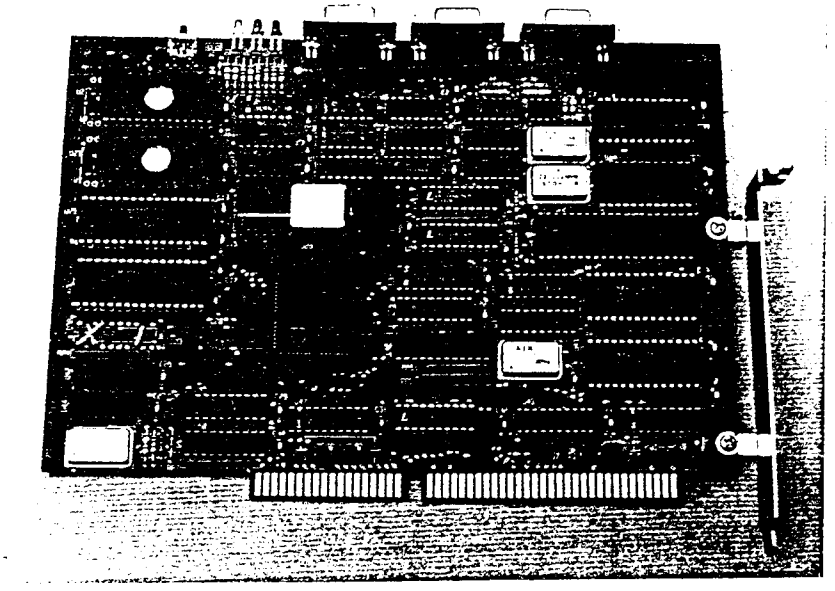
廣角沖印 FUJICOLOR



工業控制器外觀

# 286處理板

廣角沖印 FUJICOLOR

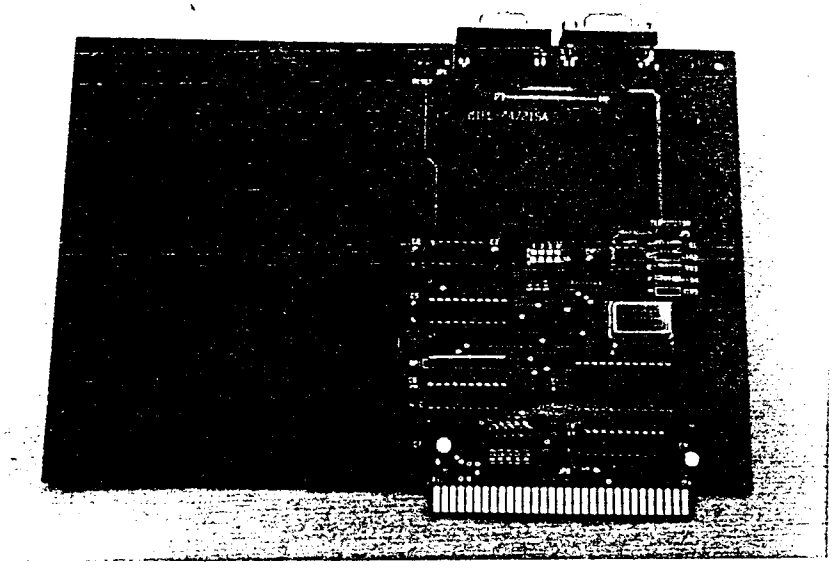


## 功能規格：

※CPU：80286-12
※數值處理器：80287-8,10,80287XL(選用)
※記　憶　體：RAM 64K/256K(斷電時電池支援)
　　ROM 64K/128K/256K
※一個時基
※插斷控制器：8259□個。
※通　訊　埠：RS-232Cx1，EasyBus介面。
※Watch-Dog　：100ms or 1.6s。
※電力消耗　：+5V/2A,12V/0.5A,-12V/0.5A。
※能檢知電力中斷
※使用 ISA BUS (不含DMA)

# 易 通 板

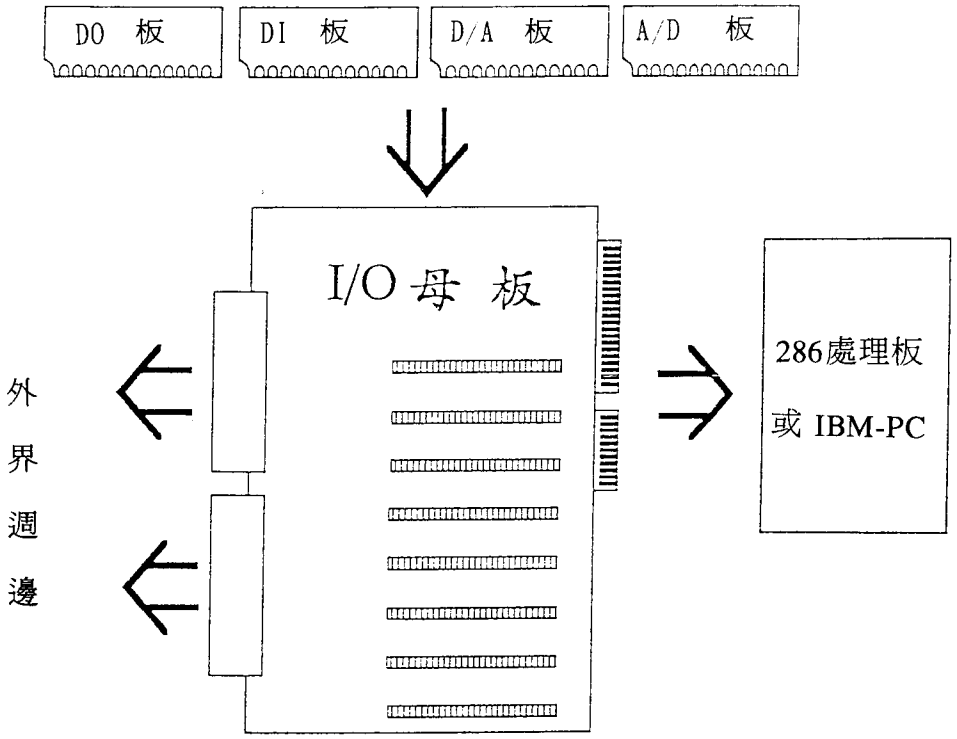
廣角沖印 FUJICOLOR



## 功能規格：

※採用RS-485通信介面，內建通訊協定處理的功能，可連結32個節點。
※具PC-ISA BUS介面，可配合個人電腦使用。
※具軟體及硬體重置(Reset)功能。
※具2K*8 Dual-port RAM。
※傳輸效率：2.0 ms/packet
※Baud Rate：2.5Mbps。
※傳輸距離：200公尺。
※消耗電力：+5V/2A。

## 輸出入模組



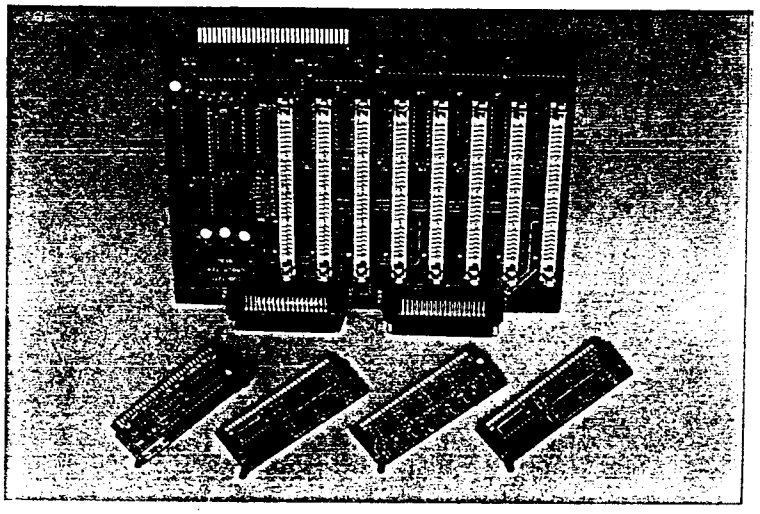

## 應用方式：

以I/O母板彈性搭配擴充板，提供數位輸出、數位輸入、類比輸出、類比輸入，與外界週邊配合。

## 輸出入模組功能規格：

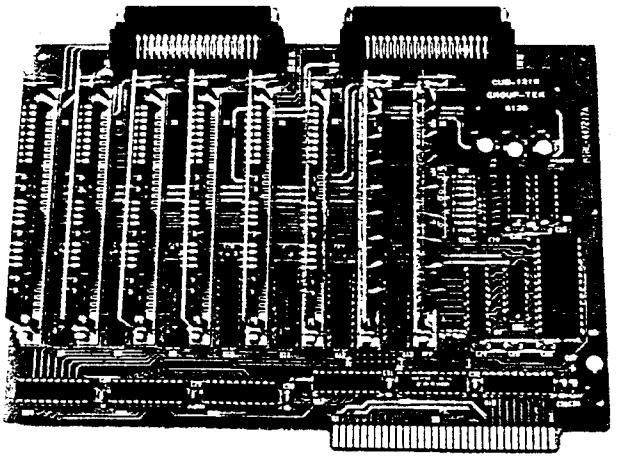
※I/O母板：・採PC-ISA Bus，可與個人電腦搭配。
・提供 8個擴充板插槽。
・提供8259一個，可經由DI擴充板產生中斷信號。
※DO 擴充板：提供 8個光耦合輸出點。
※DI 擴充板：提供 8個光耦合輸入點，輸入電壓3V至30V。
※A/D 擴充板：提供 1 個類比輸入通道(12 Bits，轉換時間 10 us)。
※D/A 擴充板：提供 2 個類比輸出通道(12 Bits)。

廣角沖印 FUJICOLOR



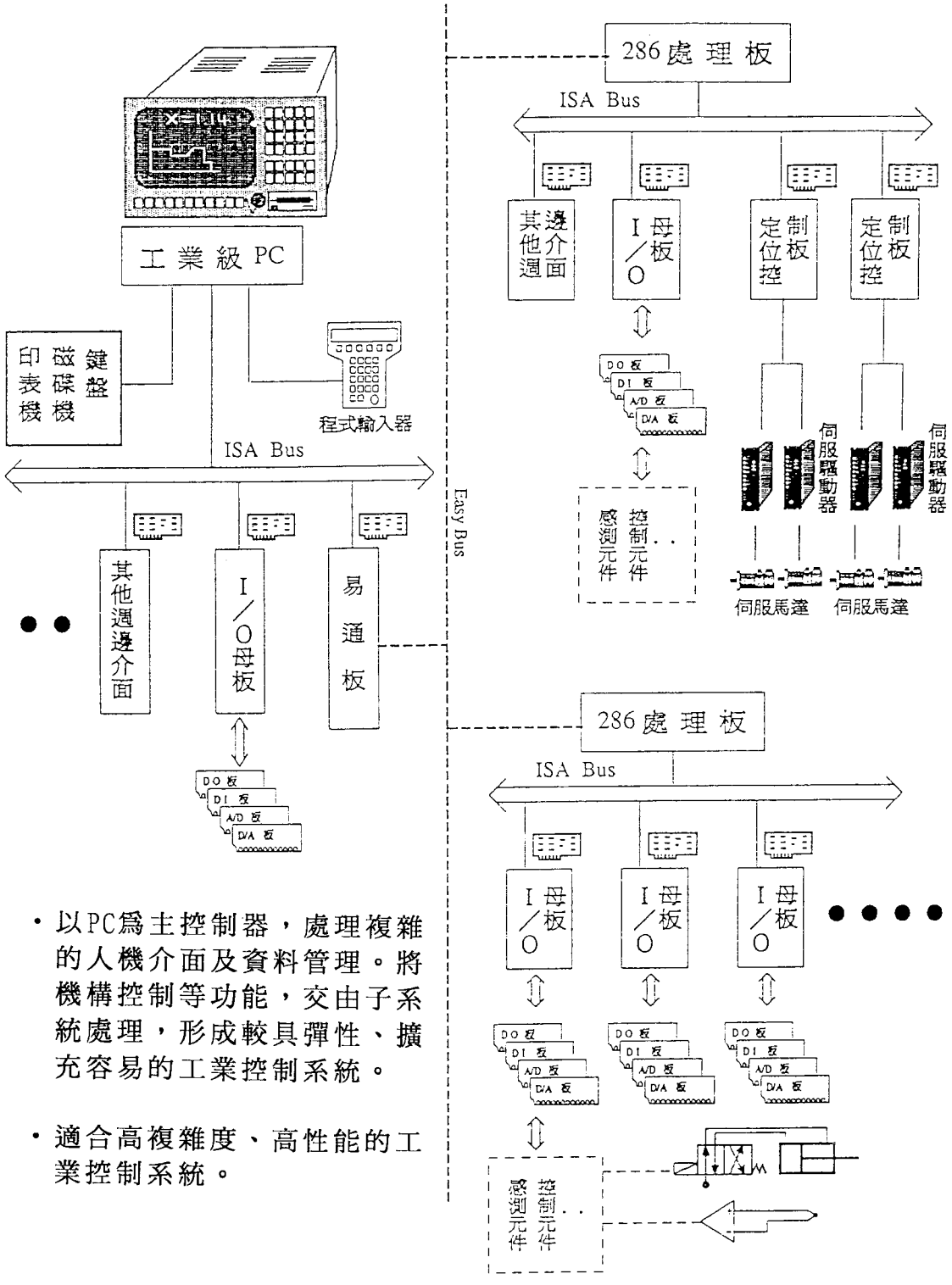
輸出入模組的I/O母板及DO、DI、AD、DA擴充板：

廣角沖印 FUJICOLOR

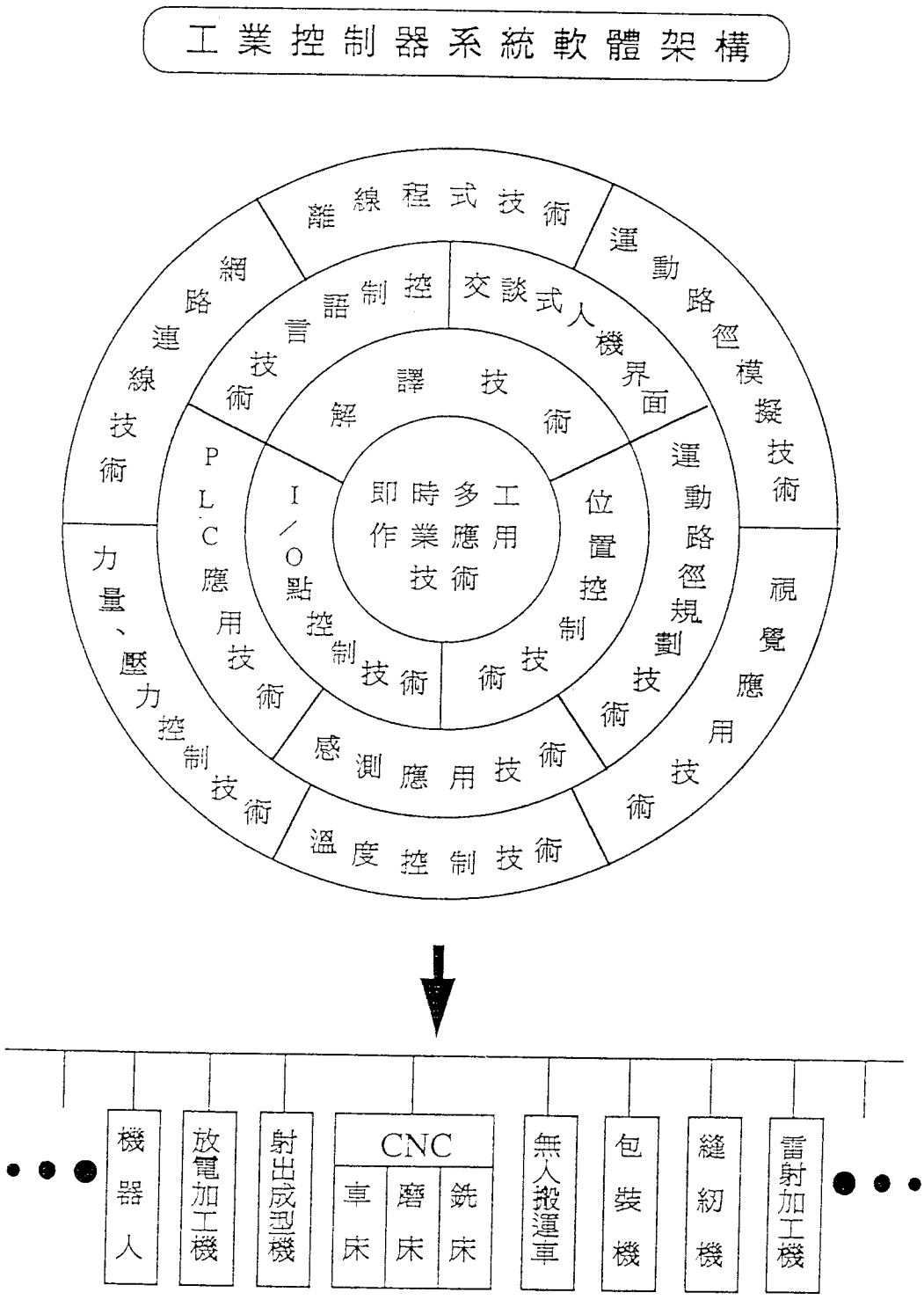


組合後的輸出入模組

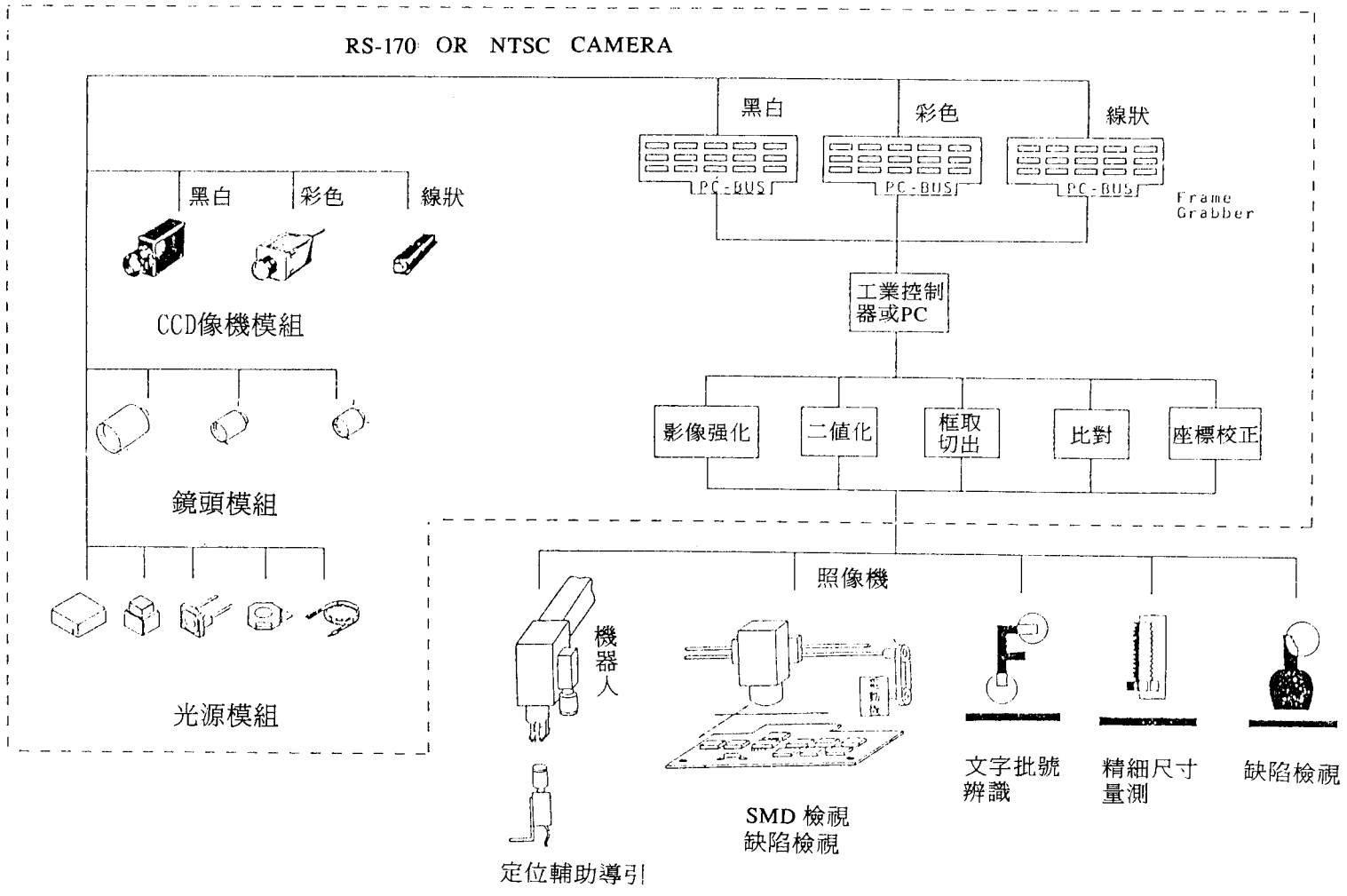
## 分散式工業控制器系統架構



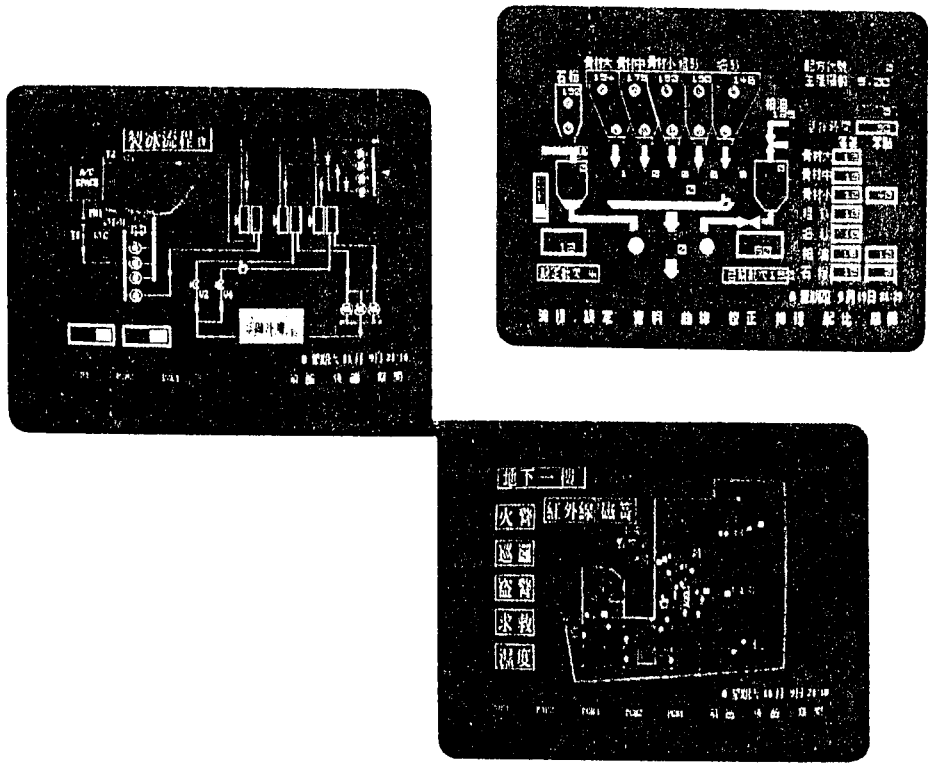

- 以PC爲主控制器，處理複雜的人機介面及資料管理。將機構控制等功能，交由子系統處理，形成較具彈性、擴充容易的工業控制系統。
- 適合高複雜度、高性能的工業控制系統。


工業控制器系統軟體架構
工用多應技術
即時作業技術
譯解技術
控制語言技術
交談式人機界面技術
離線程式技術
運動路徑模擬技術
視覺應用技術
運動路徑規劃技術
位置控制技術
感測應用技術
溫度控制技術
力量、壓力控制技術
網路連線技術
PLC應用技術
I/O點控制技術
機器人
放電加工機
射出成型機
CNC
車床
磨床
銑床
無人搬運車
包裝機
縫紉機
雷射加工機

## ●機器視覺模組及應用


RS-170 OR NTSC CAMERA
黑白
彩色
線狀
PC-BUS
PC-BUS
PC-BUS
Frame Grabber
黑白
彩色
線狀
CCD像機模組
工業控制器或PC
影像强化
二值化
框取切出
比對
座標校正
鏡頭模組
照像機
光源模組
機器人
SMD 檢視
缺陷檢視
文字批號辨識
精細尺寸量測
缺陷檢視
定位輔助導引

# 中文圖形監控系統

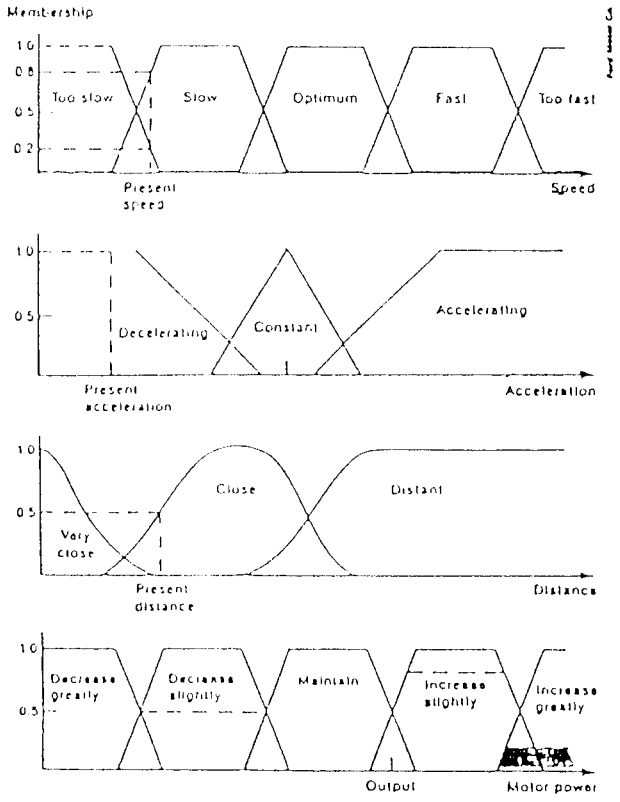



## 系統功能

- 製程數據即時顯示收集與記錄
- 動作流程的狀態顯示與記錄
- 製程參數設定
- 流程設備運轉操作
- 製程數據，條狀(Bar Chart) 與趨勢圖(Trend)顯示
- 警報即時顯示、列印、收集與記錄
- 報表處理與列印

柏翔自動化股份有限公司

# Fuzzy Logic Control System

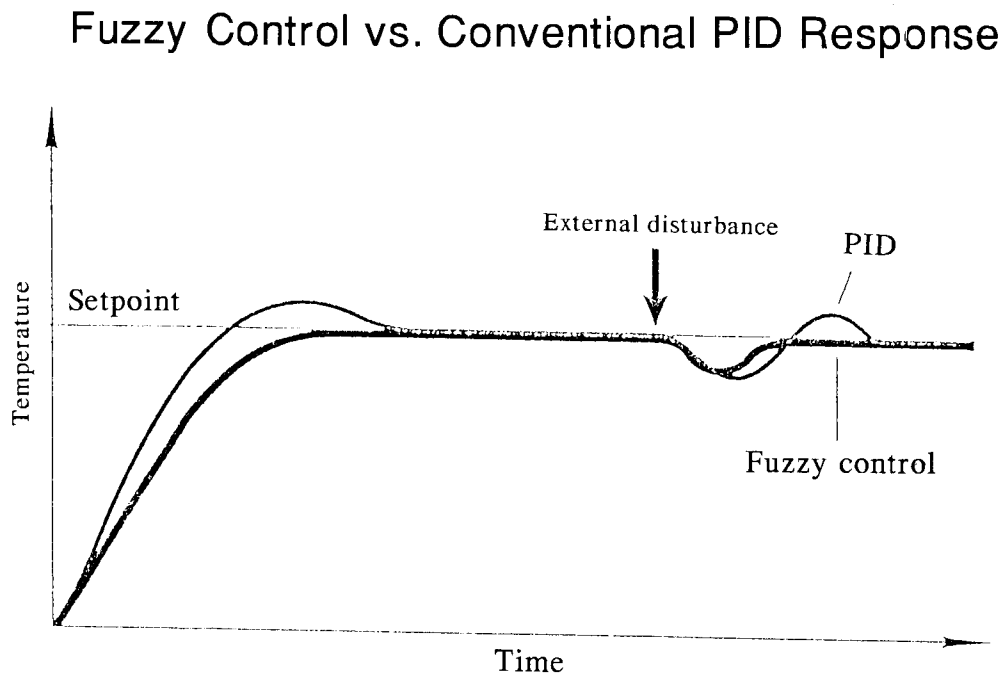



- Multi-value logic + Probability theory + AI
- Simulates human thinking & decision-making
- Incorporate the imprecision inherent in physical systems
- Model-free estimator
- Linguistic var., membership function and fuzzy logic rule

IF speed is TOO SLOW and ACC. is DEC., THEN INCREASE POWER GREATLY
IF speed is SLOW and ACC. is DEC., THEN INCREASE POWER SLIGHTLY
IF distance is CLOSE, THEN DECREASE POWER SLIGHTLY

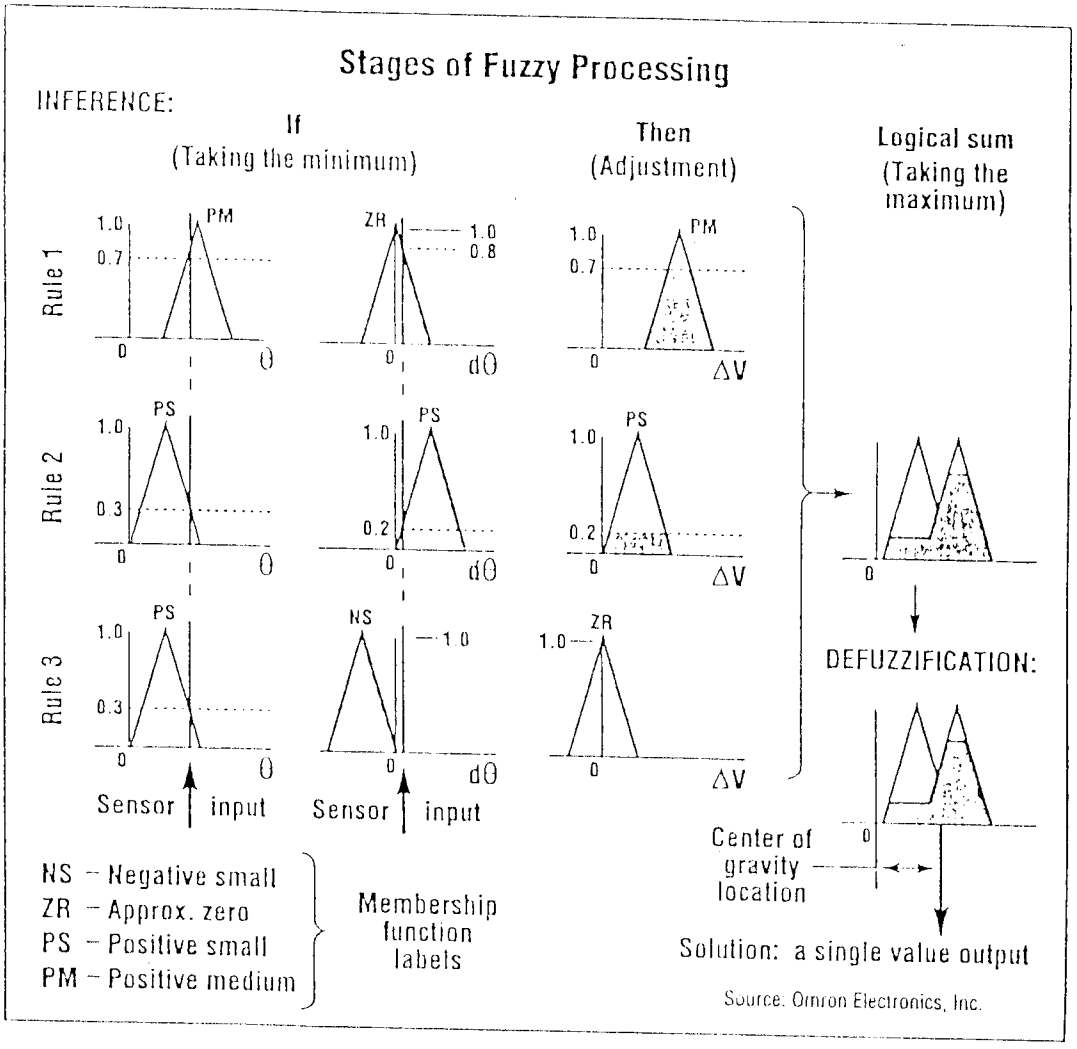
C.S. George Lee

School of Electrical Engineering
Purdue University




1., IF the present temperature is much lower than the setpoint and it is falling quickly, THEN increase the output greatly.

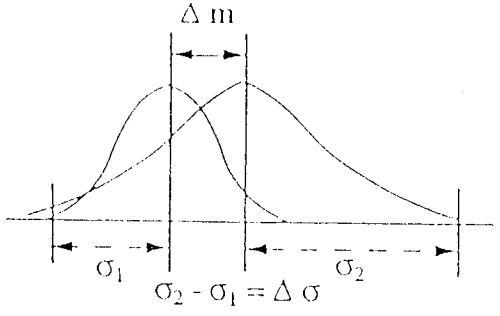
2. IF the present temperature is slightly lower than the setpoint and is rising quickly, THEN decrease the output greatly.


Stages of Fuzzy Processing
INFERENCE:
If
(Taking the minimum)
Then
(Adjustment)
Logical sum
(Taking the maximum)
Rule 1
Rule 2
Rule 3
PM
ZR
PS
NS
1.0
0.7
0.8
0.3
0.2
θ
dθ
ΔV
Sensor input
Sensor input
DEFUZZIFICATION:
Center of gravity location
Solution: a single value output
NS – Negative small
ZR – Approx. zero
PS – Positive small
PM – Positive medium
Membership function labels
Source: Omron Electronics, Inc.

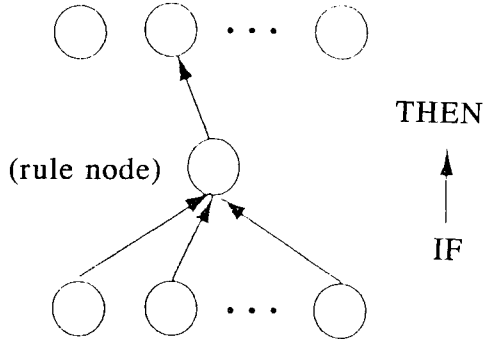
## Two Complementary Learning Schemes

- Two-phase supervised/unsupervised hybrid learning algorithm
  …… off-line training data
- On-line supervised structure/parameter learning algorithm
  …… on-line training data

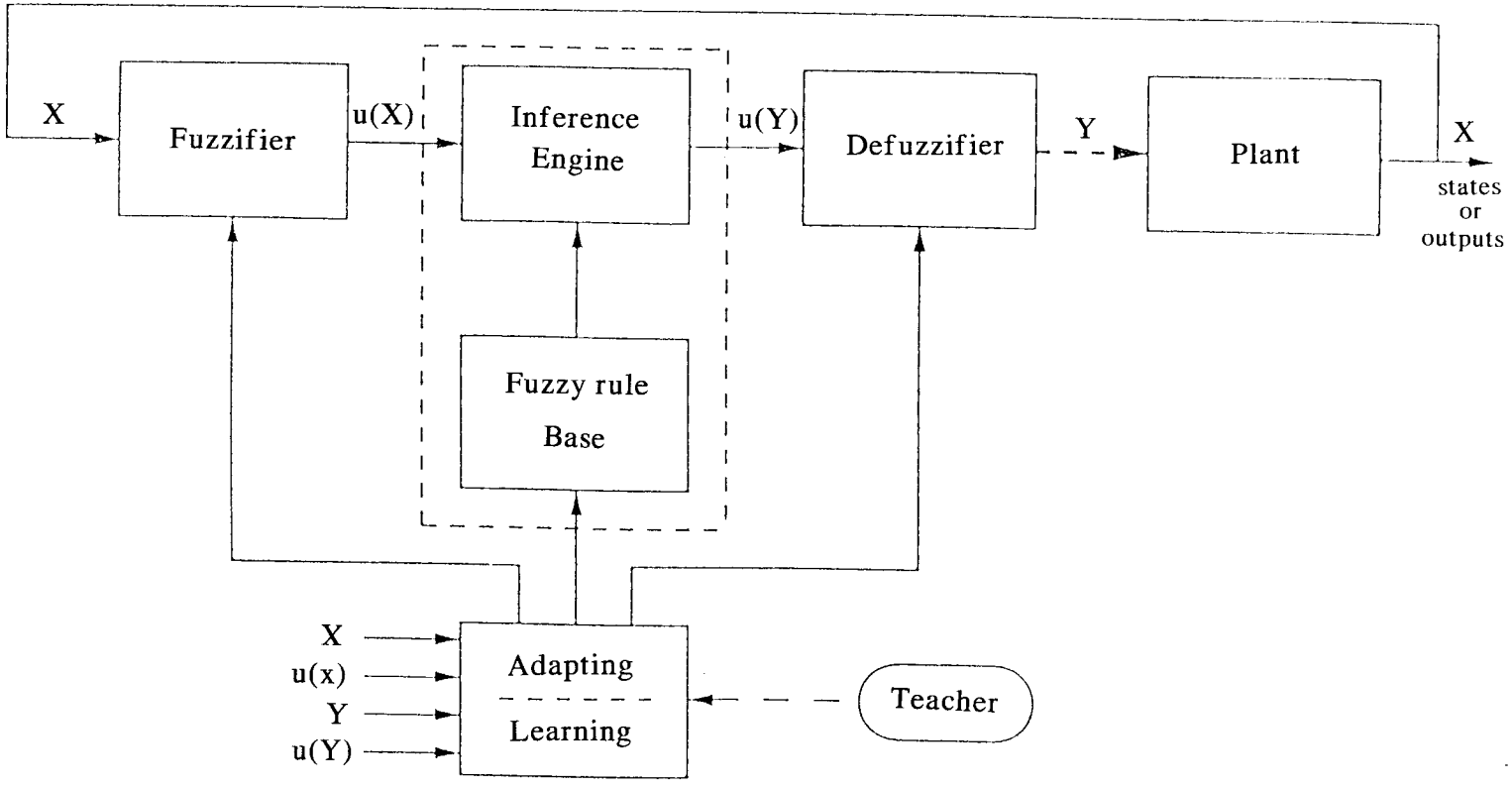
Learning of membership functions
(parameter learning)




Learning of fuzzy logic rules
(structure learning)




C.S. George Lee
School of Electrical Engineering
Purdue University




General model of fuzzy logic controller and decision making (diagnosis) system .

References：

(1)A Clear Vision of Fuzzy Logic,
Control Evgineering, July 1991

(2)Neural-Network-Based Fuzzy Logic
Control and Decision System,
Chin-Teng Lin, C.S. George Lee,
IEEE Transactions on Computer, vol.40,
No.12, Dec. 1991

# 溫室環控自動感測技術
# 環境感測相關系統介紹

葉 陶 淵

工研院量測技術發展中心

## 報告內容

壹、量測中心現有技術能力

貳、實用感測器現有狀況

參、環境感測現有校正追溯系統

肆、量測、誤差分析與分析化學QA/QC

## 壹、量測中心現有技術能力

標準：用以定義、實現、保持或後復現單位，或一個或多個已知量值，並通過比較將它們傳遞到其它計量器具的實物量具，或計量系統。

校正：將測試設備或儀器標準件本身加以測試與調整，以了解其準確程度的工作。

可分爲比較校正與絕對校正。

## 標　　準

標準的形式：

1.文件標準：如

- 產品規範之標準
- 試驗法或檢驗法之標準

2.量測標準：

- 實體標準：如標準公尺及公斤原器
- 基本單位或物理常數：如安培(ampere)，絕對零度(kelvin)等

## 爲什麼要建立量測標準

★量測儀器需要定時校正

★量測標準需要追溯

★檢驗測試報告需準確可靠

## 爲何要校正

★校正是確保量測結果準確之最佳方法

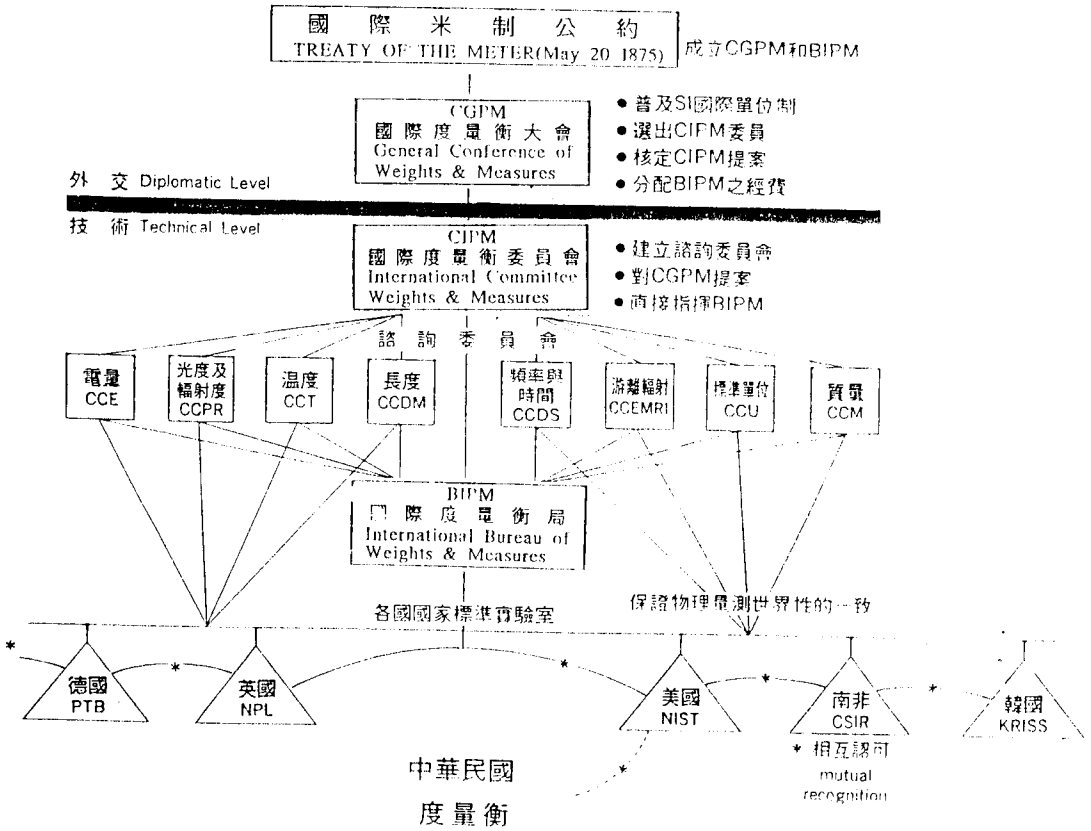
★經常使用之儀器感測器會有漂移，老化，劣化等現象，需定期校正。

★儀器損壞或燒壞，經修護之後，需重新校正

★新出廠之量測儀器均需要作校正

# 量測追溯體系

## Traceability of Measurement




中華民國

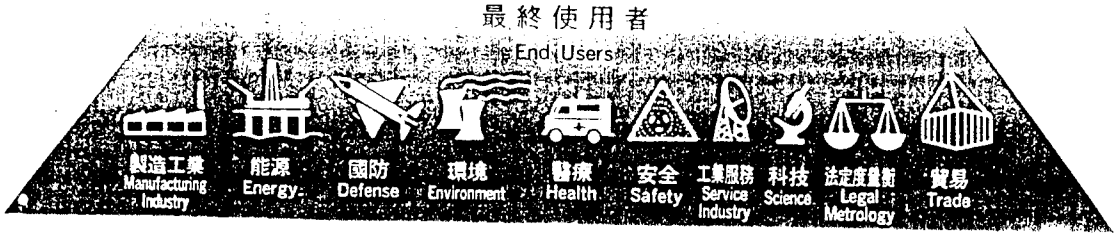
度量衡

國家標準實驗室

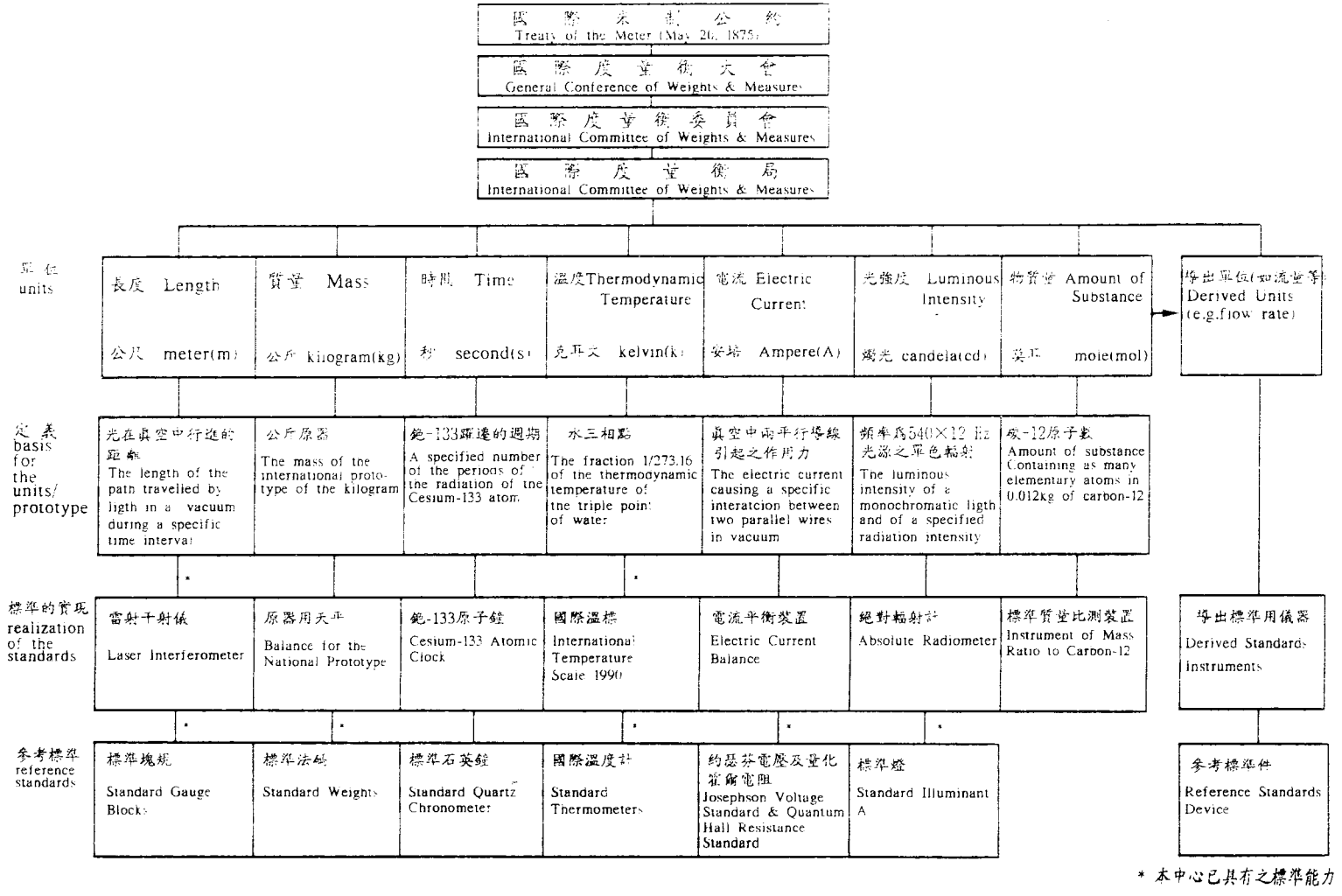
National Measurement Laboratory

檢校實驗室

Testing & Calibration Laboratories

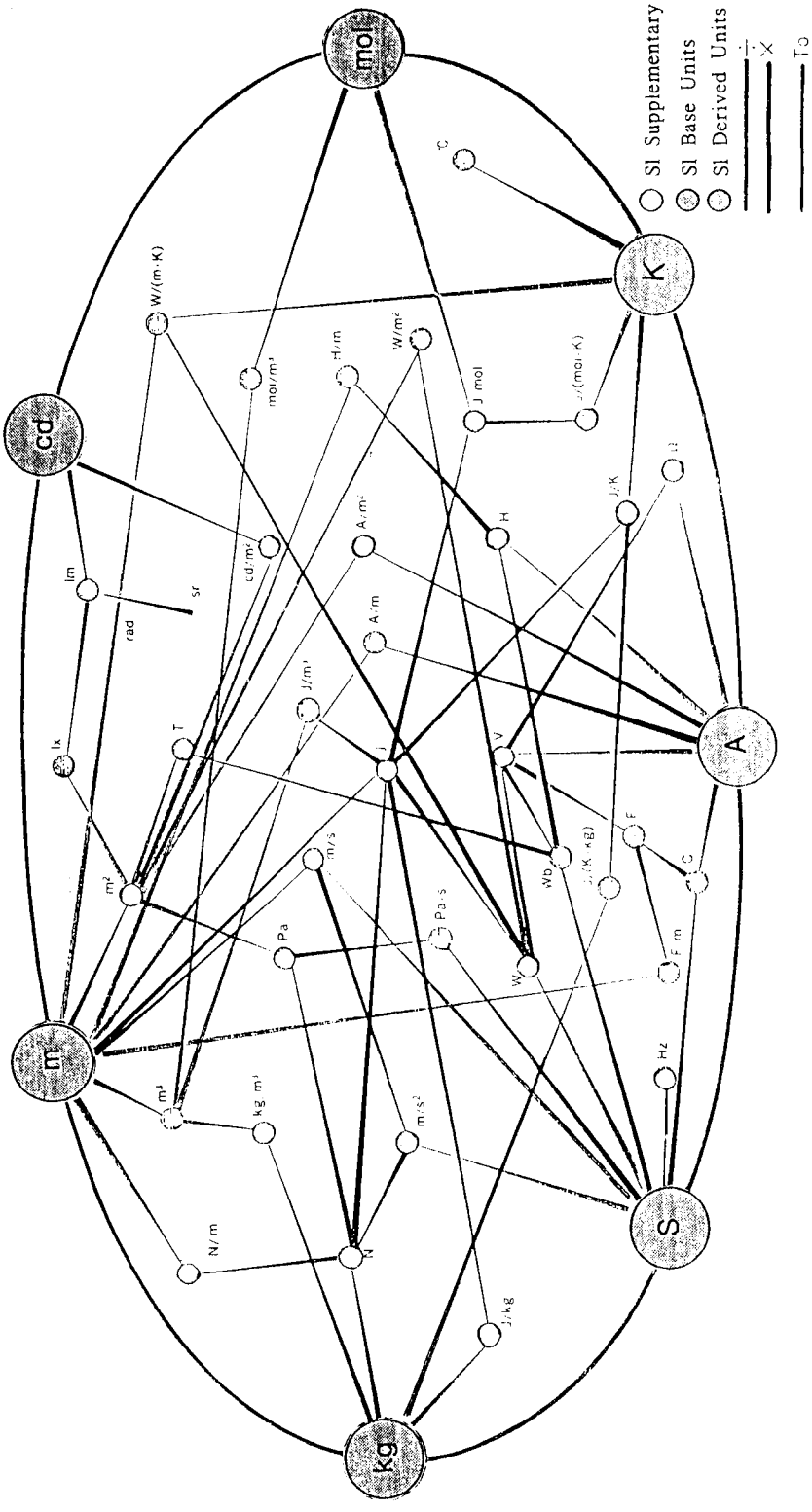


# 基本單位的實現與導引
## Realization and Transfer of SI Base Units

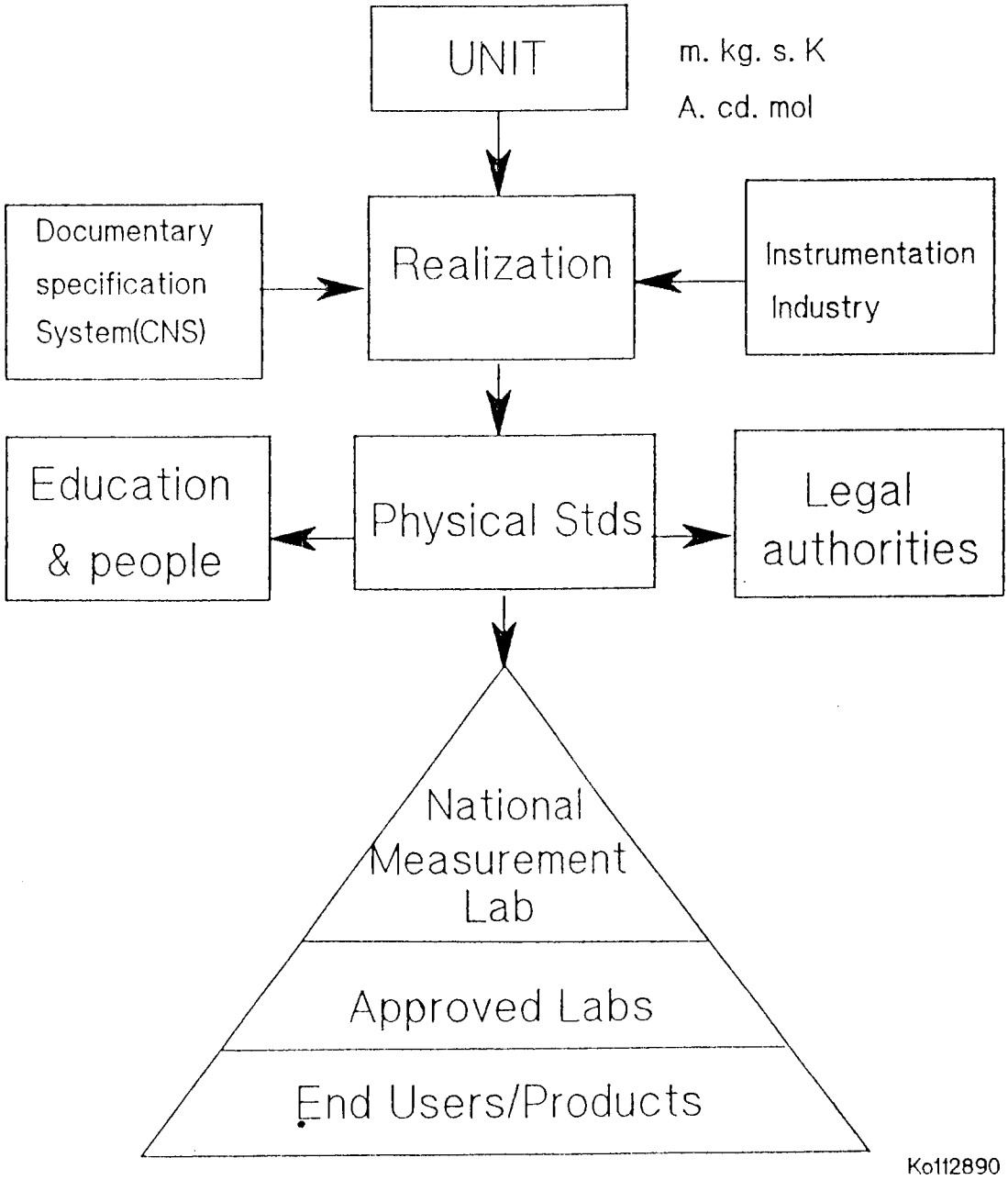


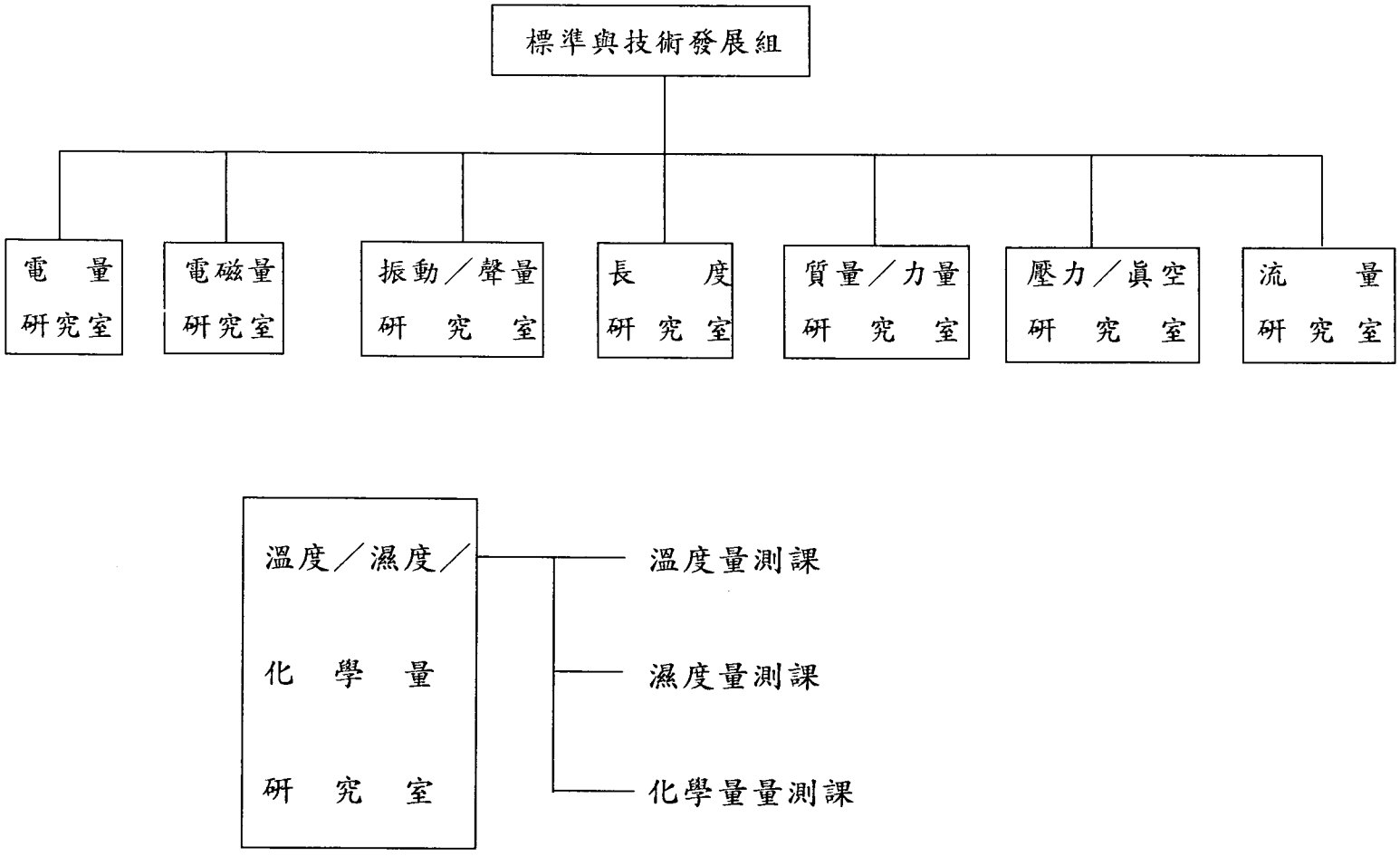

* 本中心已具有之標準能力

# 基本單位與導出單位關係圖
## Derivation of Base Units

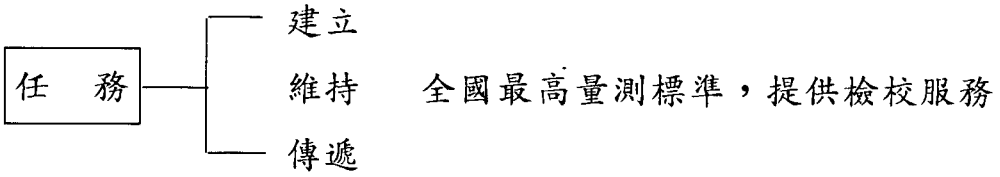


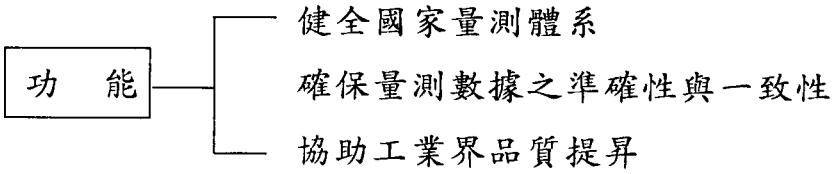
# National Measurement System




標準與技術發展組
電量研究室
電磁量研究室
振動／聲量研究室
長度研究室
質量／力量研究室
壓力／眞空研究室
流量研究室
溫度／濕度／化學量研究室
溫度量測課
濕度量測課
化學量量測課

## ㈠任務與功能




## ㈡發展目標

- 近程目標：

  建立及維持國家最高量測標準，

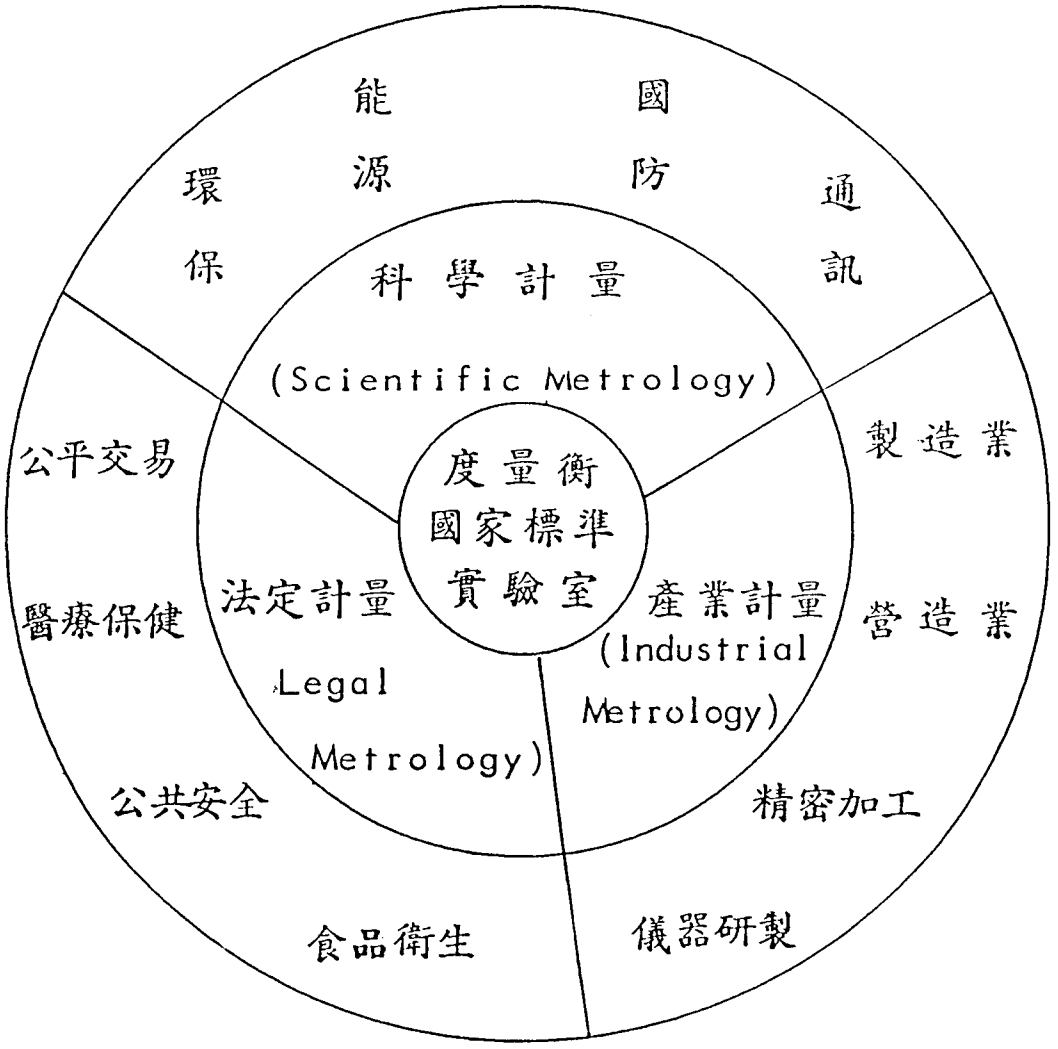
  提供檢校技術服務

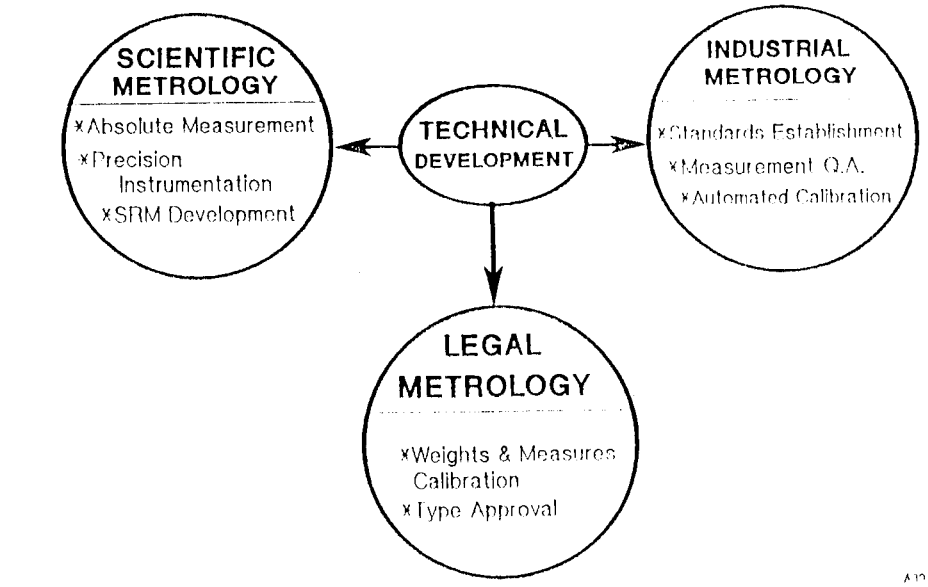
  建立國家計量人才培訓

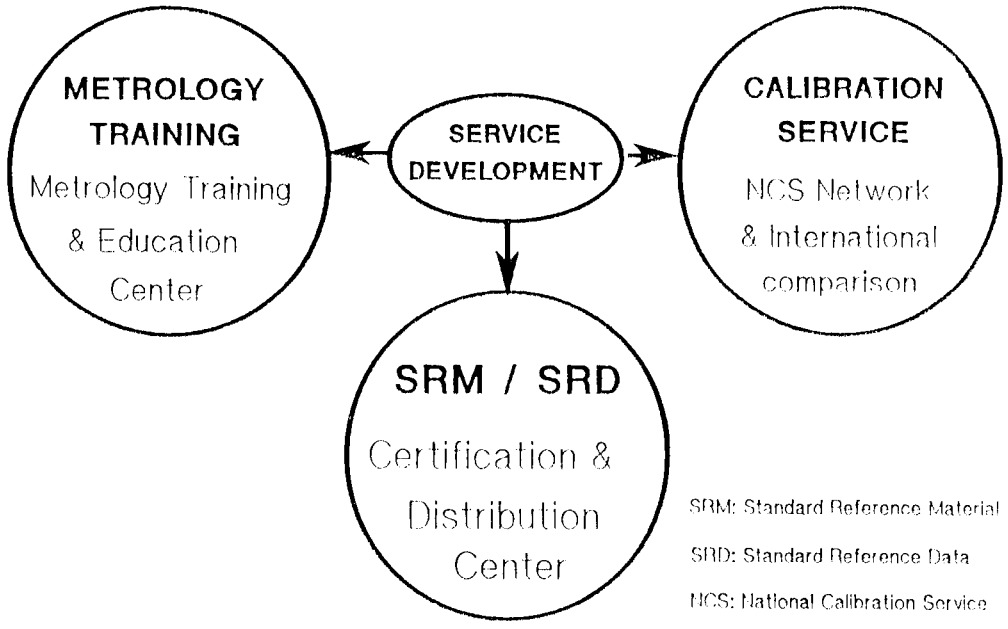
  及量測資訊傳播與推廣中心

- 中、長程目標：
  - 建全國家量測體系，獲得世界各國國家實驗室及其認證組織之相互認可。
  - 發展自主追溯之絕對量測標準，參與國際比對以獲得國際認可並建立標準之國際追溯性。

# 產業應用關聯圖


能源
國防
環保
通訊
科學計量
(Scientific Metrology)
公平交易
製造業
度量衡
國家標準
實驗室
法定計量
(Legal
Metrology)
產業計量
(Industrial
Metrology)
醫療保健
營造業
公共安全
精密加工
食品衛生
儀器研製


SCIENTIFIC METROLOGY
*Absolute Measurement
*Precision Instrumentation
*SRM Development
TECHNICAL DEVELOPMENT
INDUSTRIAL METROLOGY
*Standards Establishment
*Measurement Q.A.
*Automated Calibration
LEGAL METROLOGY
*Weights & Measures Calibration
*Type Approval

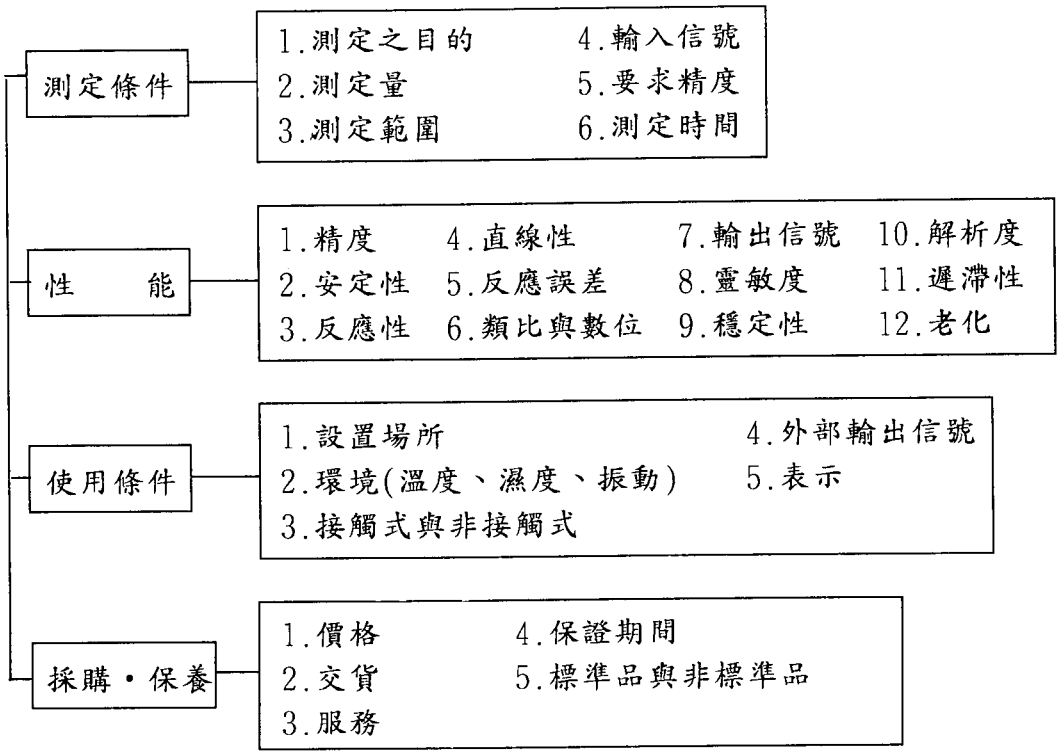

METROLOGY TRAINING
Metrology Training & Education Center
SERVICE DEVELOPMENT
CALIBRATION SERVICE
NCS Network & International comparison
SRM / SRD
Certification & Distribution Center
SRM: Standard Reference Material
SRD: Standard Reference Data
NCS: National Calibration Service

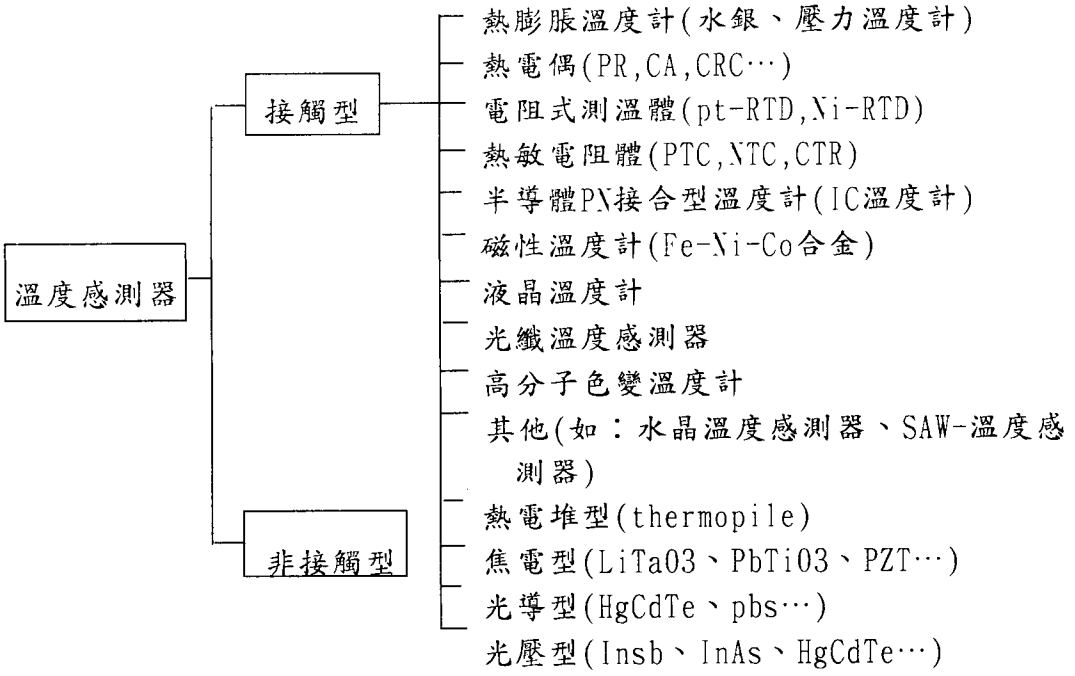
## 貳、實用感測器現有狀況

### 標準溫室環境規格

| 項次 | 項目 | 規格 |
|---|---|---|
| 1 | 溫度 | 10～50℃，±2℃ |
| 2 | 濕度 | 50～90%RH，±5% |
| 3 | 照明 | ＞0.2～0.5Klux |
| 4 | $CO_2$ | 350～1500ppm |
| 5 | 酸鹼度 | pH＝5.0～8.0 |
| 6 | 電解液 | 0.5～2.0ms/cm |

### 感測器之選擇基準

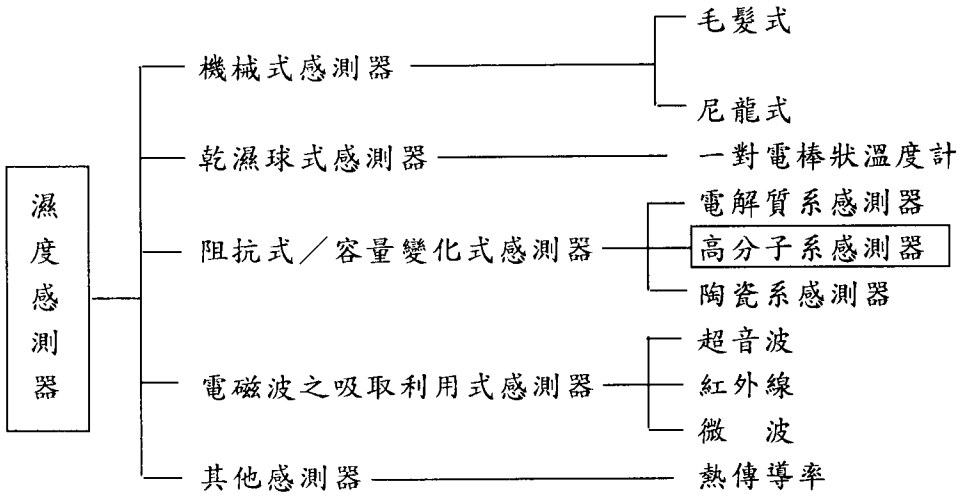





圖一　各種主要溫度感測器

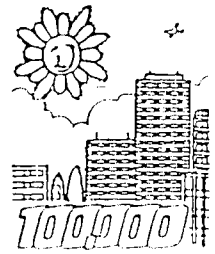
## 3.濕度感測器體系

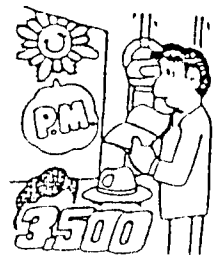
### 濕度感測器分類

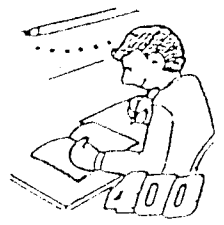


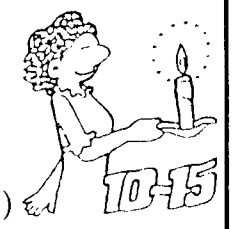
# 各種場合之照度

| | 單位：勒克斯 lux (呎燭光 fc) | |
|---|---|---|
| 需戴太陽眼鏡 | 100,000 (9,300) | • 晴空，正午，太陽底下 (100,000/9,300)<br>• 晴空(早上10點)太陽底下 (65,000/6,045)<br>• 晴空(下午 3點)太陽底下 (35,000/3,255)<br>• 多雲(正午)太陽底下 (32,000/2,976)<br>• 多雲(早上10點)太陽底下 (25,000/2,325) |
| 實用的範圍 | 10,000 (930) | • 下午的窗邊 (3,500/324)<br>2,000(190) • 多雲的早晨(約日昇後一小時) (2,000/190)<br>1,000(94) • 日落前一小時的晴空下 (1,000/94)<br>600(55) • 百貨公司的櫃台 (500-700/47-66)<br>500(47) • 保齡球館(500/47)<br>• 辦公室 (400-500/37-47)<br>• 圖書館(400-500/37-47)<br>• 閃光燈前一公尺(3 ft)(250/22.7) |
| 需要照明 | 100(9) | • 晚上的街燈下 (150-200/13.5-18) |
| | 80(7.3) | |
| | 物體最小照明 | |
| | 15(1,4) | • 距打火機 30cm/11.8 in(15/1.4) |
| | 10(1) | • 距燭光 20 cm/7.9 in(10-15/1-1.4) |





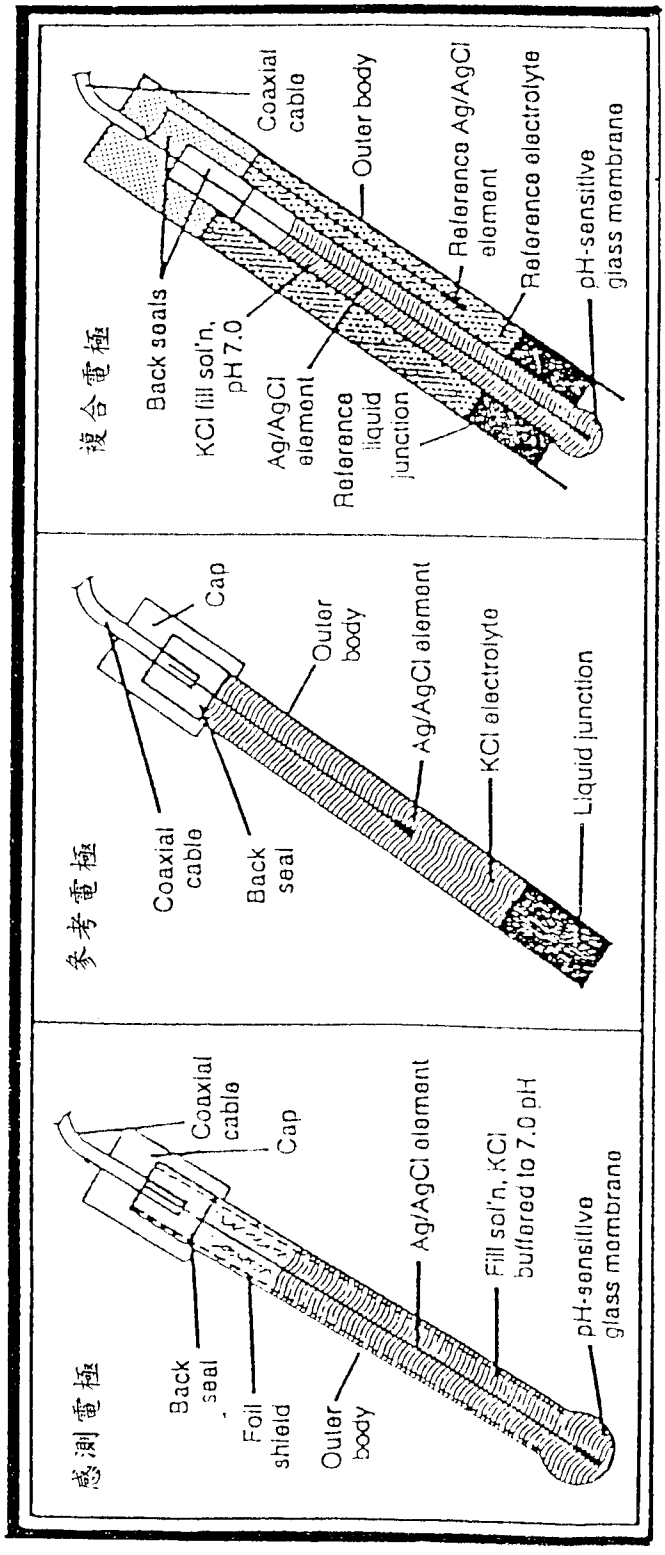





# 光度量單位

| 物　理　量 | 符號 | 定　義 | 單　位 |
|---|---|---|---|
| 光　能　量<br>(Luminous energy) | Qv | $\int_{\Delta t} \Phi v \, dt$ | 流　明　秒<br>(lm.sec) |
| 光　通　量<br>(Luminous flux) | Φv | $\phi v = Km \frac{830nm}{360nm} \Phi a, \lambda(\lambda) V(\lambda) d\lambda$ | |
| 光　(強)　度<br>(Luminous intensity) | Iv | $\frac{d\Phi v}{d\Omega}$ | 燭　光<br>流明 球面度<br>(candela;cd;lm sr) |
| 輝　度<br>(光)　亮　度<br>Brightness;Luminance | Lv | $\frac{d\Phi v}{d\Omega d A \cos\theta}$ | 尼　特<br>流明/米平方.球面度<br>(nt;lm/$m^2$.sr) |
| 光　出　射　度<br>(Luminous exitance) | Mv | $\frac{d\Phi v}{dA}$ | 勒　克　斯<br>流明/米平方<br>(lux;lx;lm $m^2$) |
| (光)　照　度<br>(Illuminance) | Ev | $\frac{d\Phi v}{dA}$ | 勒　克　斯<br>流明/米平方<br>(lux;lx;lm/$m^2$) |

$K_m = 683.002 \ lm.W^{-1}$　　$683 \ lm.W^{-1}$




酸鹼度計之玻璃電極構造

## 空氣的主要成份

| 氣　　體 | 容積(%) | 平均分子量 |
|---|---|---|
| 氮 | 78.08 | |
| 氧 | 20.95 | |
| 氬 | 0.93 | |
| 二氧化碳 | 0.03 | |
| 氖 | 1.8 E-3 | |
| 氦 | 5.2 E-4 | Md＝28.966 g/mol |
| 甲烷 | 1.4 E-4 | |
| 氪 | 1.1 E-4 | Mw |
| 一氧化氮 | 5.0 E-5 | —— ＝0.622 |
| 氙 | 8.6 E-6 | Md |
| 氫 | 5 E-5 | |
| 水 蒸 氣 | 0～4 | Mw＝18.016 g/mol |

## 濕度(Humidity)

氣體中水蒸氣的含量

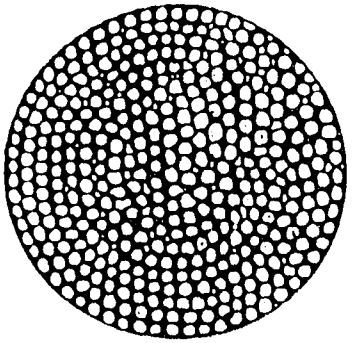
量測濕度的儀器稱爲濕度計(Hygrometer)

## 水份(Moisture)

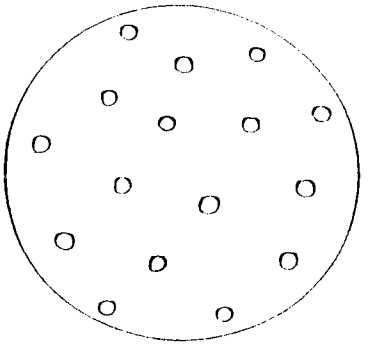
吸附或吸收在液體或固體中的水之含量

量測水份的儀器稱爲水份計(Moisture Meter)

# 相 對 濕 度



比較



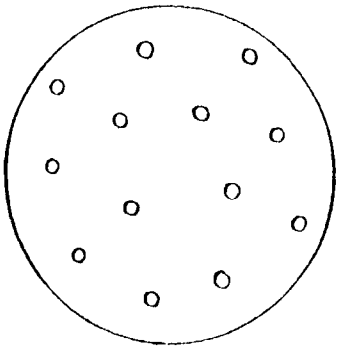
t℃時之飽和水蒸氣壓
es

t℃時氣體水蒸氣壓
e

氣體中的水蒸氣分壓與同溫度下飽和和汽蒸氣壓之比值的百分率

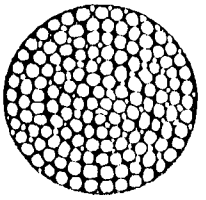
$$\%RH = \frac{e}{es} \times 100$$

# 露 點



冷 卻

(壓力不變)



t℃時之水蒸氣
e

溫度降至t'℃時達到
飽和。露點：t'℃

壓力不變狀況下氣體冷卻開始產生露(霜)時溫度 Td:℃

| 計 測 方 式 | 表示單位 | 應 用 對 象 |
|---|---|---|
| 乾濕球溫度計 | ℃或 F | 高溫乾燥，空氣調節系統，氣象觀測，人工氣候室。 |
| %相對濕度 | 0～100% | 空氣調節系統濕度監視，溫濕度試驗驗箱，製藥廠及食品工業產品包裝室。 |
| 露點、冰點 | ℃或 F | 製處理及鍛造之氣氛，乾燥機濕度控制，儀器用氣體之監視，氣象及環境計測。 |
| 容量或質量之比率 | PPMv 或 ppWw | 工業氣體乾燥度之確認，例如氮氣、氧氣、氫氣或其他氣體。 |
| GRAINS PER POUND | GRAINS/ | 引擎排氣試驗，風管，蒸汽箱之濕度測試。 |

## 參、環境感測現有校正追溯系統

＊溫度　　＊氣體標準

＊濕度，水份　　＊質量，力

＊光度　　＊壓力

＊酸鹼度　　＊流量

## ㈠現有技術能力

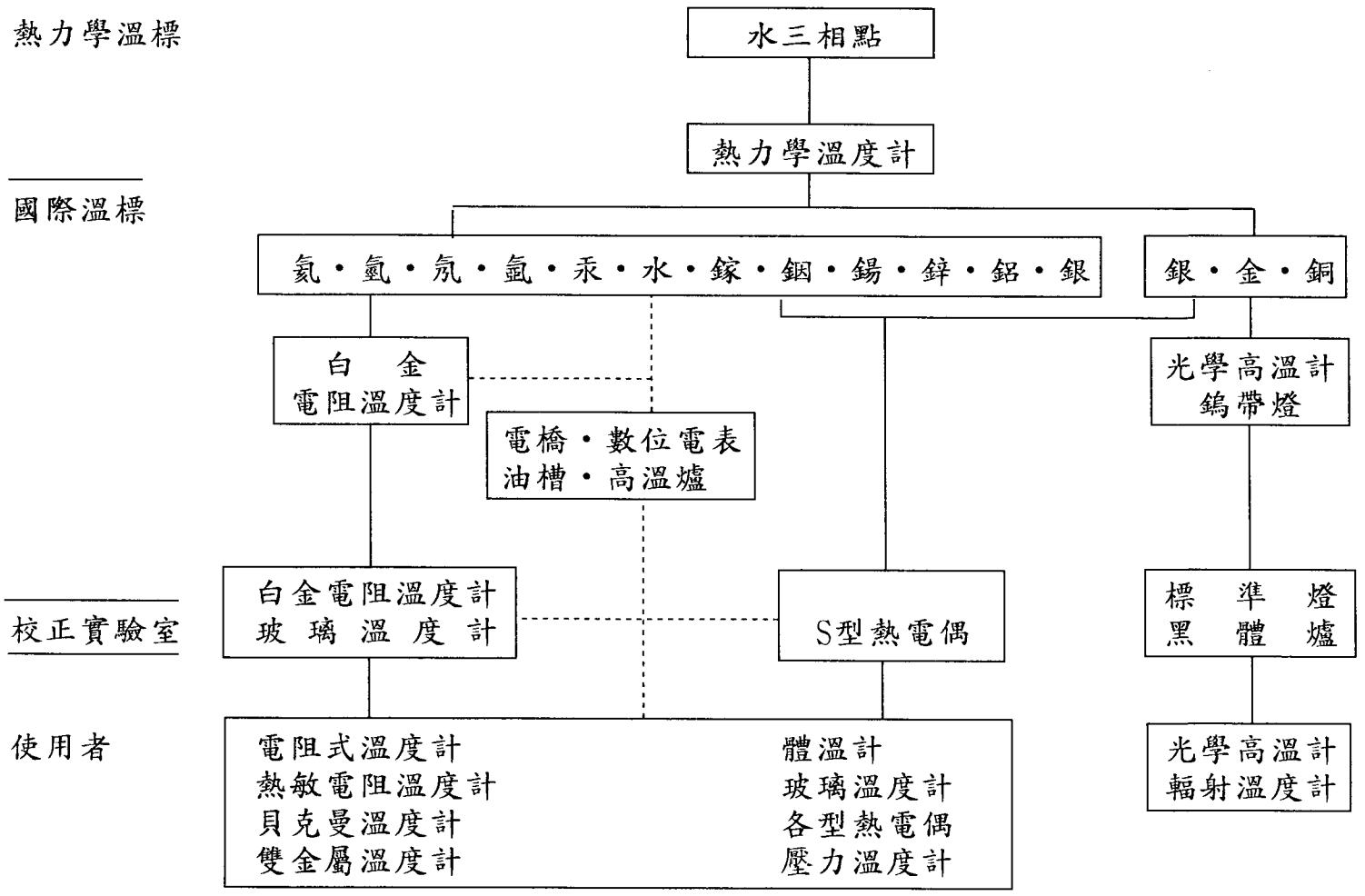
| 量測領測 | 量測範圍 | 量測領域 | 量測範圍 |
|---|---|---|---|
| 長度 | 0.15mm～300mm | 直流電壓 | 10nV～100KV |
| 質量 | 1mg～30kg | 直流電流 | 1nA～1000A |
| 溫度 | -80℃2300℃ | 交流電壓 | 0.5V～1000V (60Hz～1KHz) |
| 力 | 490N～1960KN (50Kgf～200000Kgf) | 交流電流 | 10mA～20A (60Hz～1MHz) |
| 壓力 | 0～441MPa ($0\sim4500Kg/cm^2$) | 電容 | 1pF～1μF(@1KHz) |
| 眞空 | $10^{-4}$～$10^5$Pa ($10^{-6}\sim10^{-3}$mbar) | 電感 | 100μF(@100Hz，1KHz) |
| 流量 | 0.01～600LPM | 電阻 | 10-4Ω～10+12Ω |
| 溼度 | 8～95% | 低頻功率 | 110V～240V，1A～40A PF＝1.0，0.5(LEAD，LAG) |
| 光輻射 | $10^{-2}$～10nW/sr.nm | 低頻電能 | 110V～240V，1A～5A PF+1.0，0.5(LEAD，LAG) |
| 比壓器 | 1KV～100KV/10～240V 60Hz | 光通量 | 200～1000 lm |
| 麥克風靈敏度 | 20Hz～20KHz | 微波功率 | 0.01～18 GHz $10^{-1}$～10 mW |
| 音壓位準 | 124dB, 250Hz 94dB, 1000Hz | 微波散射參數阻抗 | 0.045～26.5GHz |
| 黏度 | 1～$10^5$CP | 磁通密度 | 0.05～1.8Wb/$m^2$ |
| 酸鹼度 | 0～14PH | 磁通量 | $10^{-4}$～10Wb |
| 光強度 | 90～1500cd | | |

## 追溯與校正能量

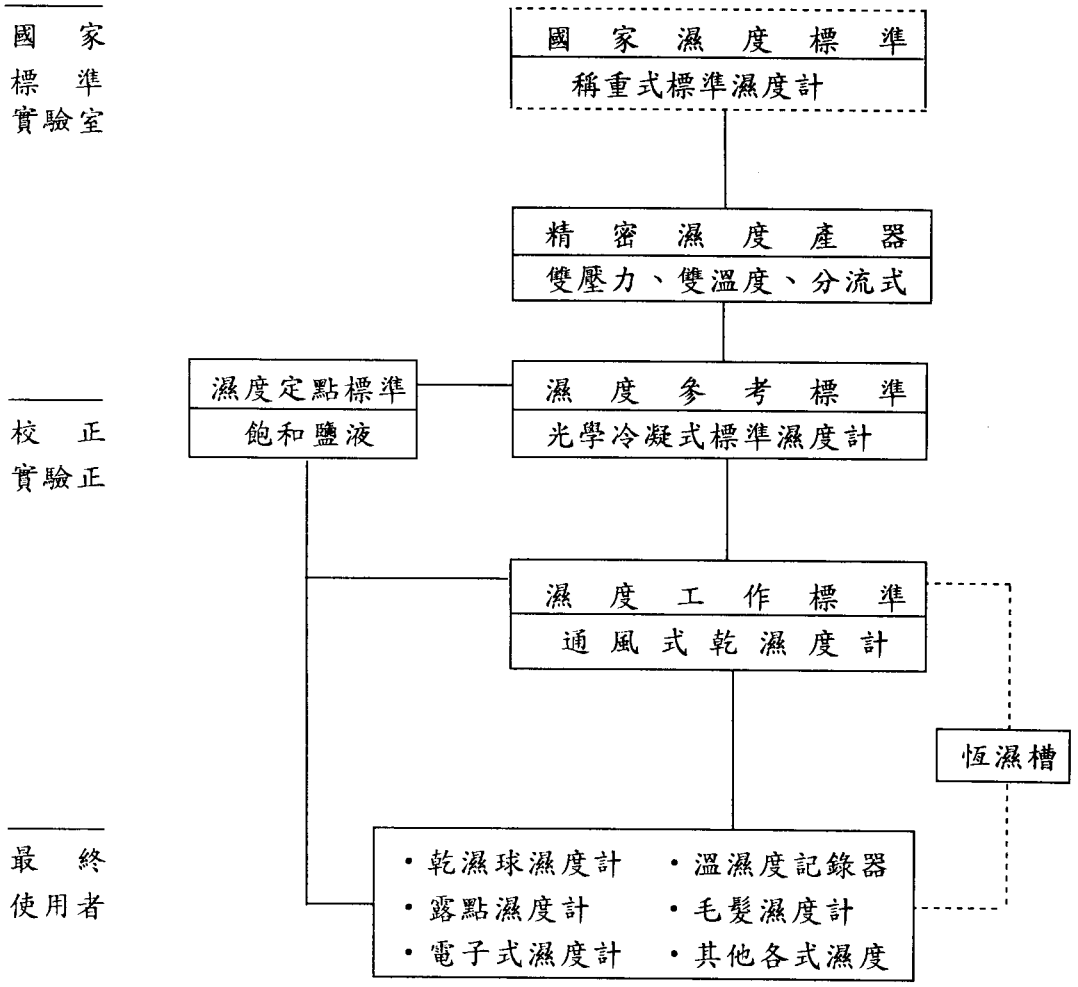
| 量別 | 系統名稱 | 系統能量 |
|---|---|---|
| 溫度 | 玻璃溫度計 | -50℃～300℃<br>±0.1℃ |
| | 白金電阻溫度計 | 0℃～442℃<br>±0.002℃～±0.01℃ |
| | 熱電偶 | -50℃～1450℃<br>±0.5℃～3℃ |
| | 光學高溫計 | 700℃～2300℃<br>±5～10℃ |
| | 輻射溫度計 | 700℃～1500℃<br>±8℃ |

| 量別 | 系統能量 | 系統能量 |
|---|---|---|
| 溫度 | 相對濕度 | 8～96%RH，±2% |
| | 露點 | -40～20℃，±0.3℃ |
| | 溫濕度記錄器 | 40～95%RH<br>(20～60℃) |
| | 水份 | 0～30%MC，±0.4% |
| 化學 | 酸鹼度 | 0～14pH，±0.01pH |
| | 酸鹼度計<br>電位校正 | 1999.9～－1999.9mV<br>±0.01mV |
| | 黏度計 | 1～$10^3$cps±0.4%<br>$10^3$～$10^4$cps±0.6%<br>$10^4$～$10^5$cps±1.0% |
| | 比重計 | 0.82～1.85 |

# 溫度量測標準追溯


熱力學溫標
水三相點
熱力學溫度計
國際溫標
氦・氫・氖・氬・汞・水・鎵・銦・錫・鋅・鋁・銀
銀・金・銅
白　金
電阻溫度計
電橋・數位電表
油槽・高溫爐
光學高溫計
鎢帶燈
校正實驗室
白金電阻溫度計
玻璃溫度計
S型熱電偶
標準燈
黑體爐
使用者
電阻式溫度計
熱敏電阻溫度計
貝克曼溫度計
雙金屬溫度計
體溫計
玻璃溫度計
各型熱電偶
壓力溫度計
光學高溫計
輻射溫度計

## 濕度量測標準體系




## 濕度定點裝置

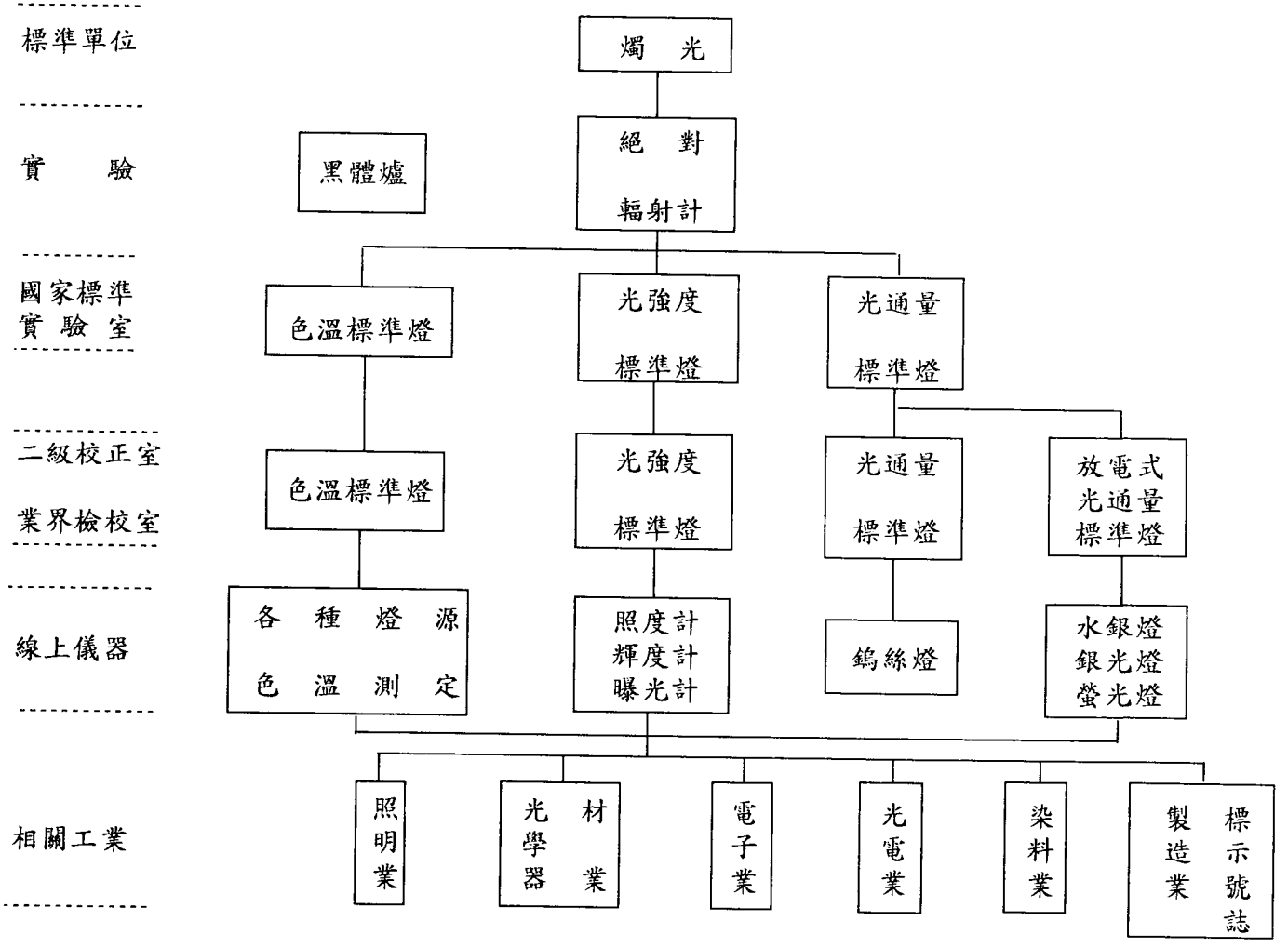
- 調濕監液必須置於一封閉容器(調濕器)中，此容器要有適當的形狀和量可供濕度計作測試
- 調濕器須使用具抗蝕及不吸水材料，易於清理
- 調濕器容量V和其內壁表積S之比值V/S愈小愈好
- 溶液自由表面應儘可能增大；若空氣不作循環時，容器高度不可超過溶液自由表面之最小尺寸
- 溫度控制

## 組成濕標之鹽類

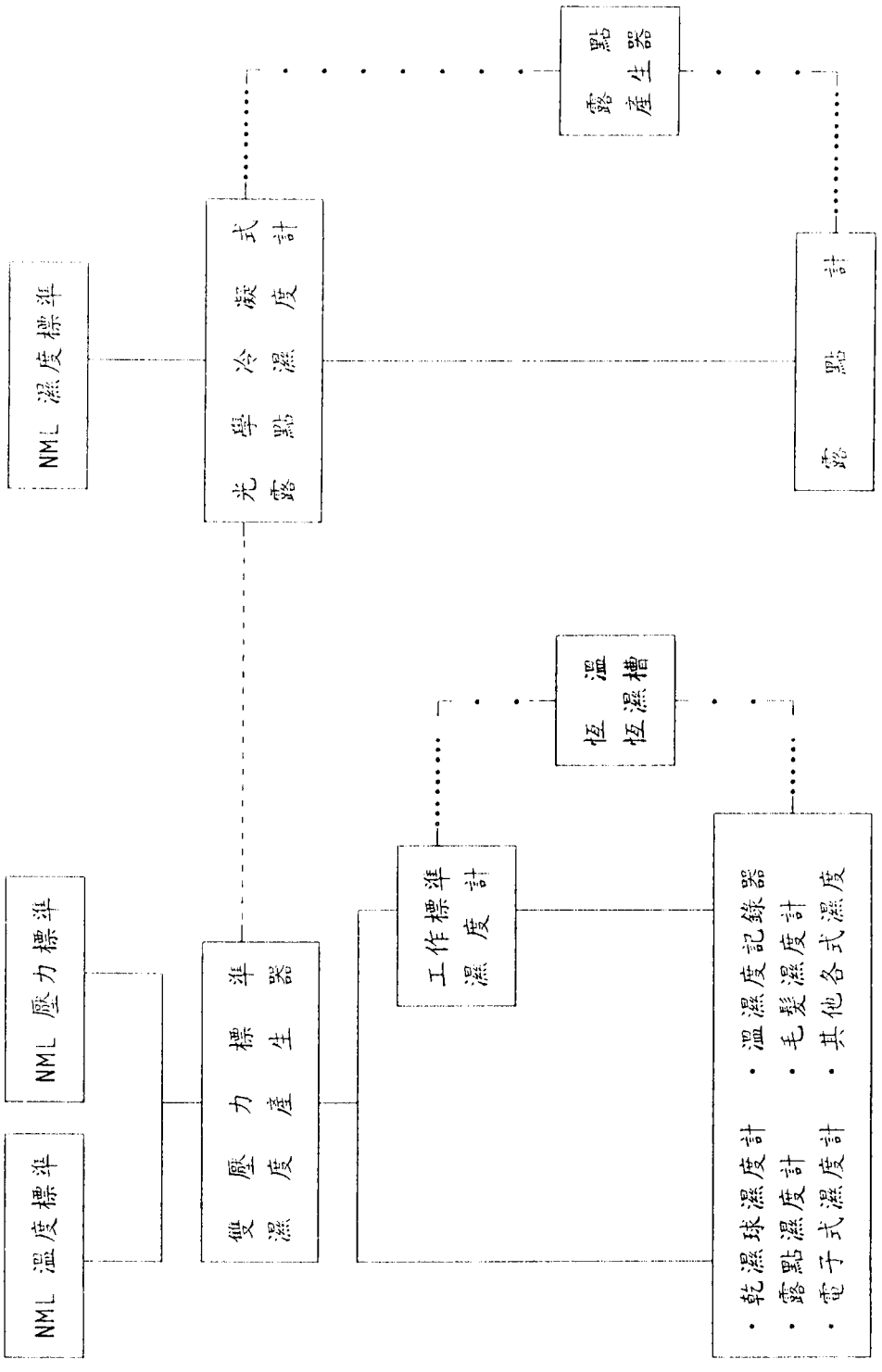
| HFP | 鹽類名稱 | | 溫度範圍 |
|---|---|---|---|
| 4 | 氟化銫 | CsF | 15～80℃ |
| 7 | 溴化鋰 | LiBr | 5～80℃ |
| 11 | 氯化鋰 | LiCl | 5～80℃ |
| 23 | 醋酸鉀 | $CH_3COOK$ | 10～80℃ |
| 33 | 氯化鎂 | $MgCl_2$ | 5～80℃ |
| 43 | 碳酸鉀 | $K_2CO_3$ | 5～80℃ |
| 59 | 溴化鈉 | NaBr | 5～80℃ |
| 70 | 碘化鉀 | KI | 5～80℃ |
| 75 | 氯化鉀 | NaCl | 5～80℃ |
| 85 | 氯化鉀 | KCl | 5～80℃ |
| 98 | 硫酸鉀 | $K_2SO_4$ | 5～80℃ |

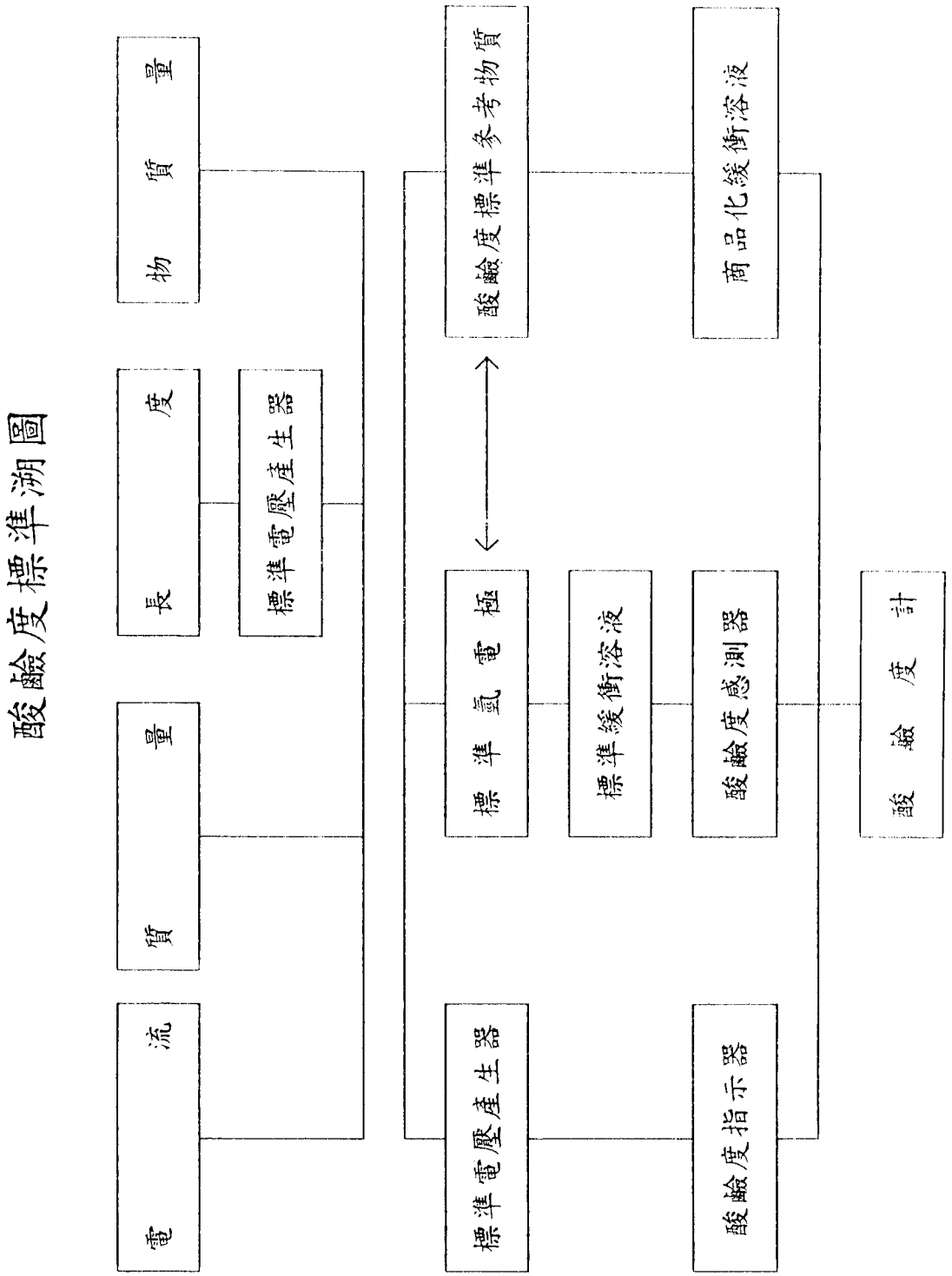
光強度與導出量之校正

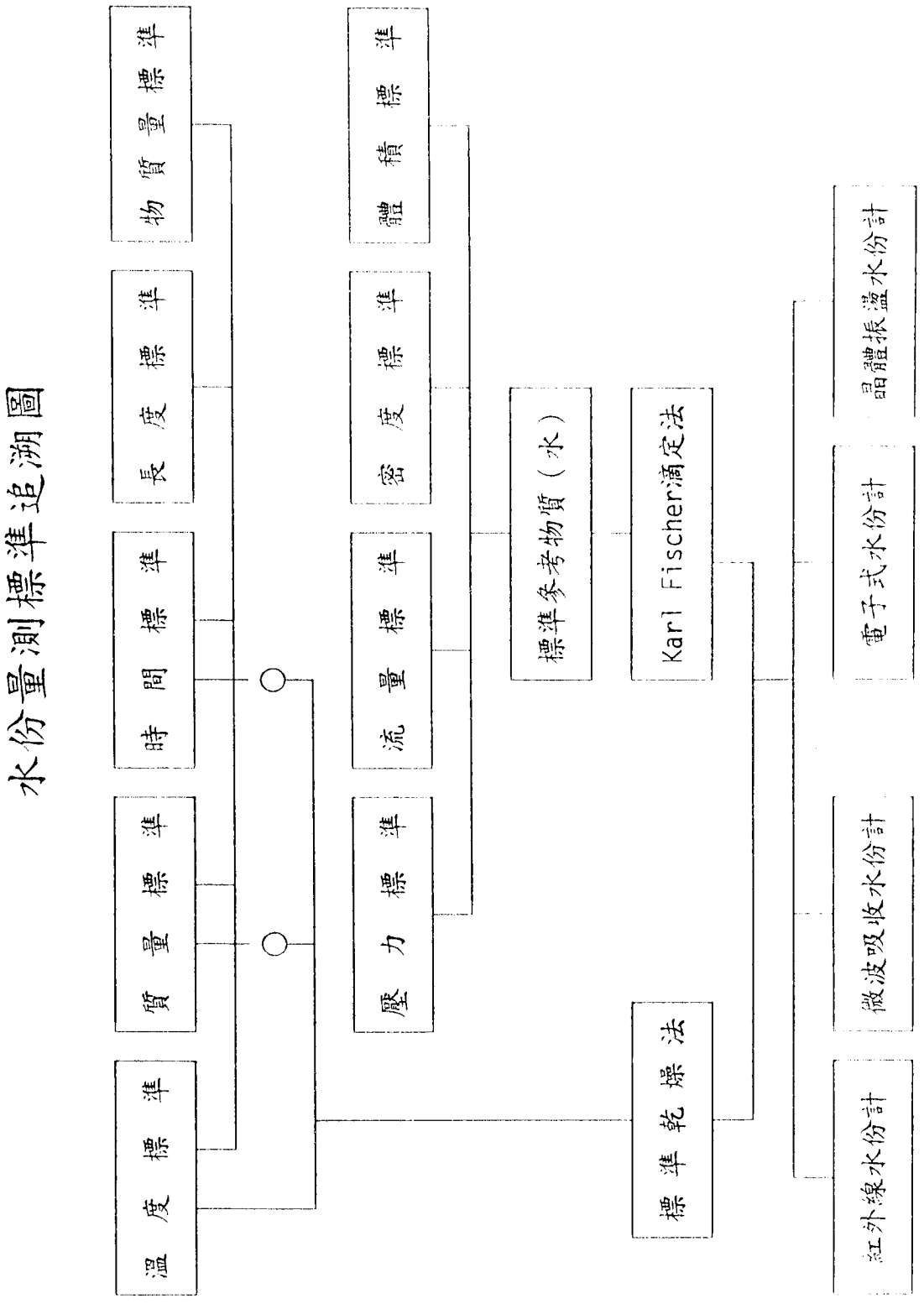
光量測標追溯圖

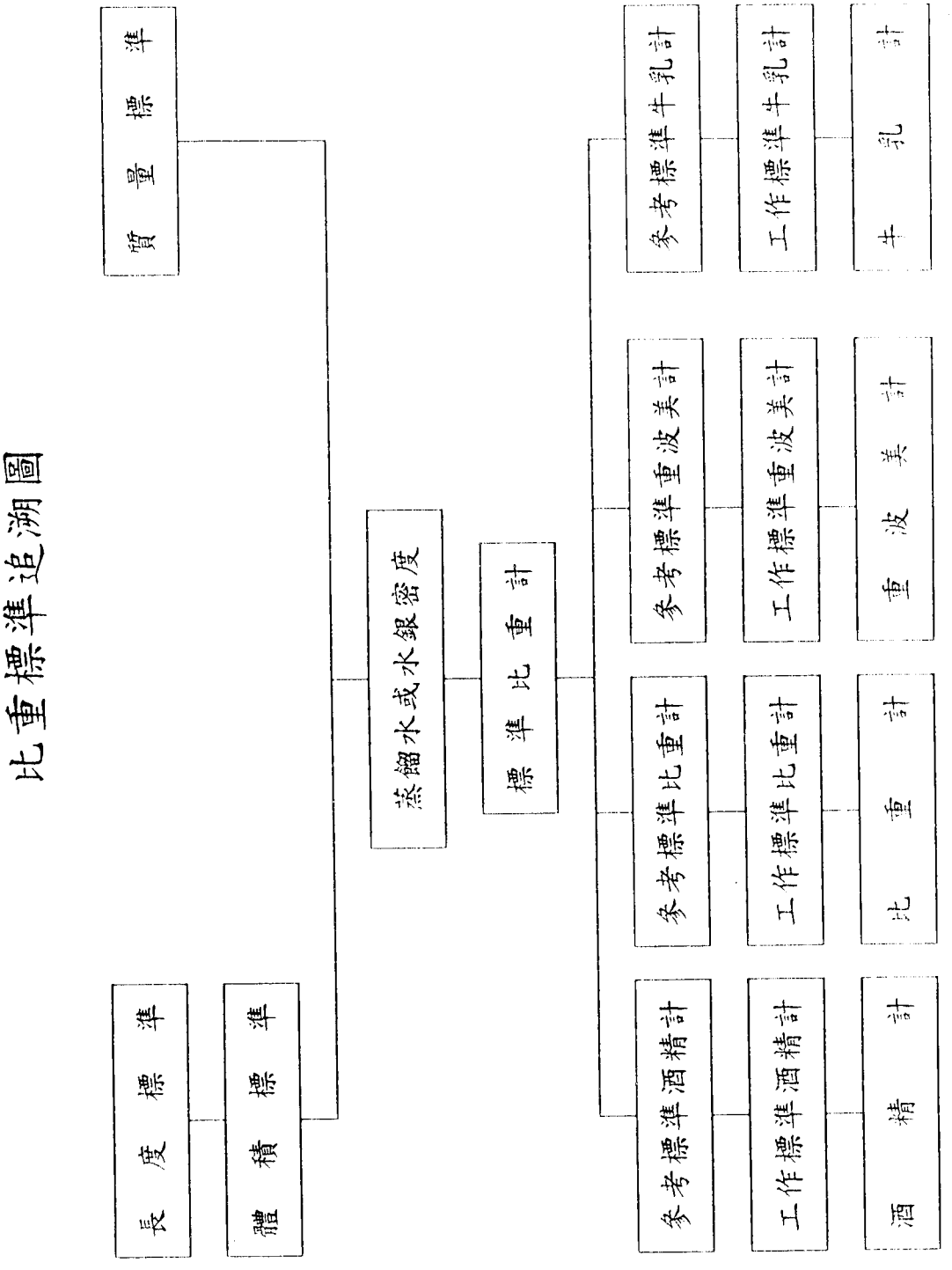


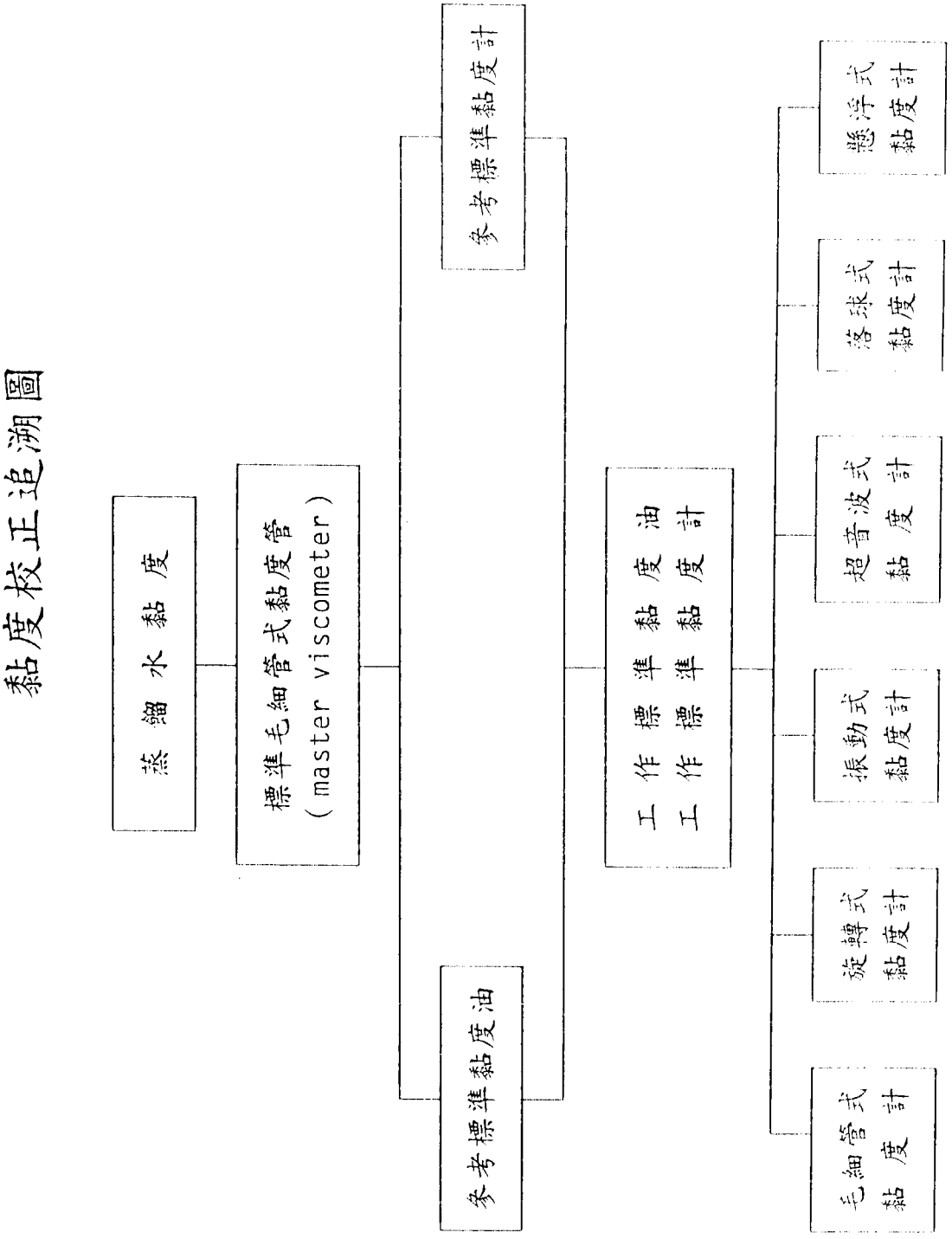
# 濕度標準追溯圖


NML 溫度標準
NML 壓力標準
NML 濕度標準
雙壓力濕度標準器
光學冷凝式露點計
露點產生器
露點計
工作標準濕度計
恆溫恆濕槽
・乾濕球濕度計
・露點濕度計
・電子式濕度計
・溫濕度記錄器
・毛髮濕度計
・其他各式濕度


酸鹼度標準溯圖
電流
質量
長度
物質量
標準電壓產生器
標準電壓產生器
標準氫電極
標準緩衝溶液
酸鹼度指示器
酸鹼度感測器
酸鹼度計
酸鹼度標準參考物質
商品化緩衝溶液


水份量測標準追溯圖
溫度標準
質量標準
時間標準
長度標準
物質量標準
壓力標準
流量標準
密度標準
體積標準
標準參考物質（水）
標準乾燥法
Karl Fischer滴定法
紅外線水份計
微波吸收水份計
電子式水份計
晶體振盪水份計


比重標準追溯圖
質量標準
長度標準
體積標準
蒸餾水或水銀密度
標準比重計
參考標準牛乳計
工作標準牛乳計
牛乳計
參考標準重波美計
工作標準重波美計
重波美計
參考標準比重計
工作標準比重計
比重計
參考標準酒精計
工作標準酒精計
酒精計

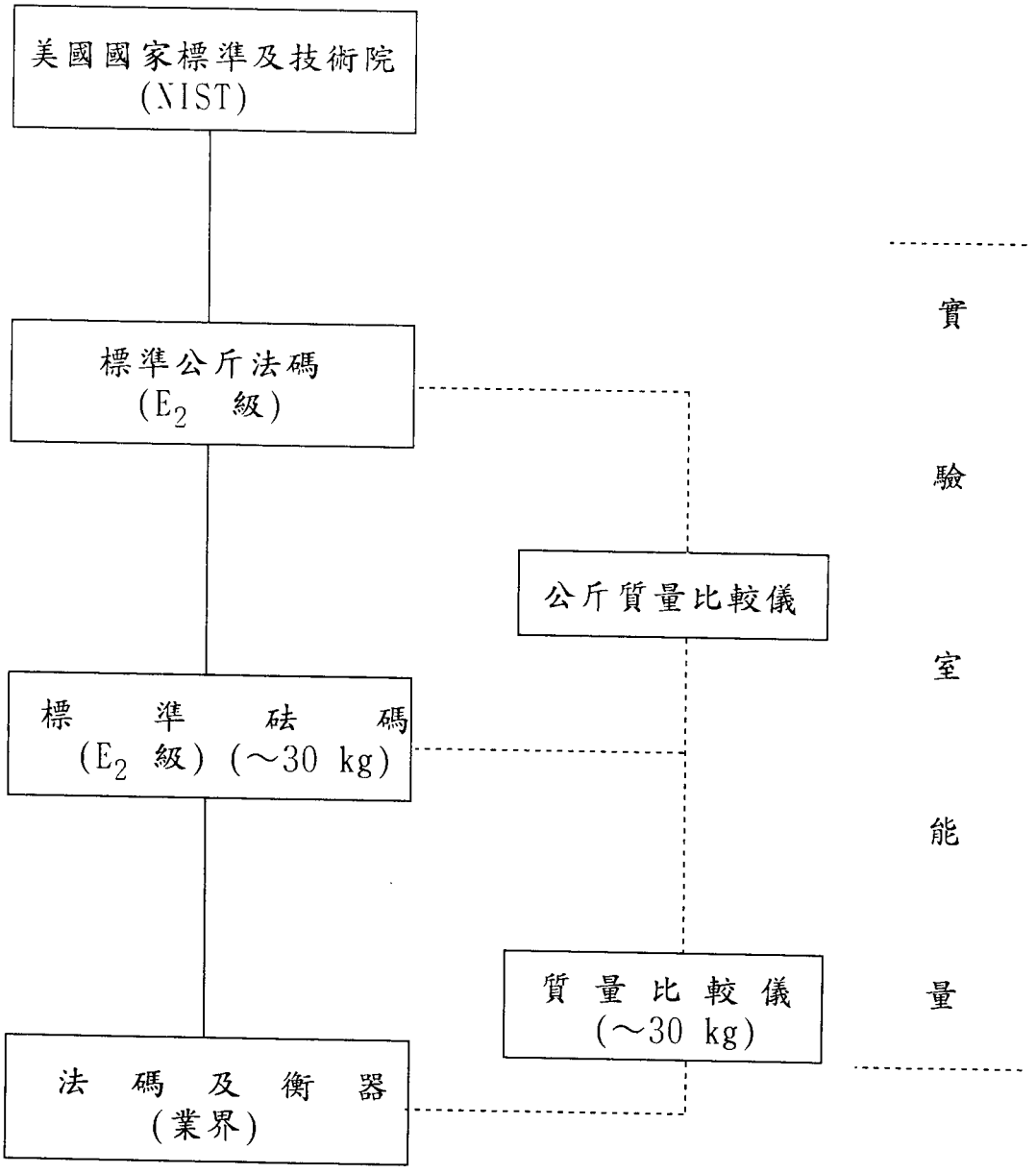

黏度校正追溯圖
蒸餾水黏度
標準毛細管式黏度管
( master viscometer )
參考標準黏度計
參考標準黏度油
工作標準黏度油
工作標準黏度計
毛細管式黏度計
旋轉式黏度計
振動式黏度計
超音波式黏度計
落球式黏度計
懸浮式黏度計

# 質 量 量 測 能 量

| 系統名稱 | 標準件 | 量測儀器 | | 系統 | 服務項目 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 範圍／等級 | 名稱 | 量測範圍 | 不確定度 | |
| 公斤質量 | 1kg／$E_2$ 級 | 公斤質量比較儀 | 1 kg | ± 9 μg | $E_2$級砝級 |
| 小質量 | 1mg～1kg／$E_2$ 級 | 微量天平 | 1 mg～3 g | ± 7 μg | $E_2$、F級砝碼 |
| | | 單盤電子式比較儀 | 1 mg～200mg | ±34 μg | |
| | | 單盤機械式比較儀 | 1 mg～1 kg | ±50 μg | |
| 大質量 | 1kg～10kg／$E_2$級 | 等臂式質量比較儀 | 1 kg～30 kg | ±20 mg | $E_2$、F級砝級 |

★技術諮詢請撥：(035)721321轉233或214　　連絡人：黃 美 雪

# 質量標準追溯圖

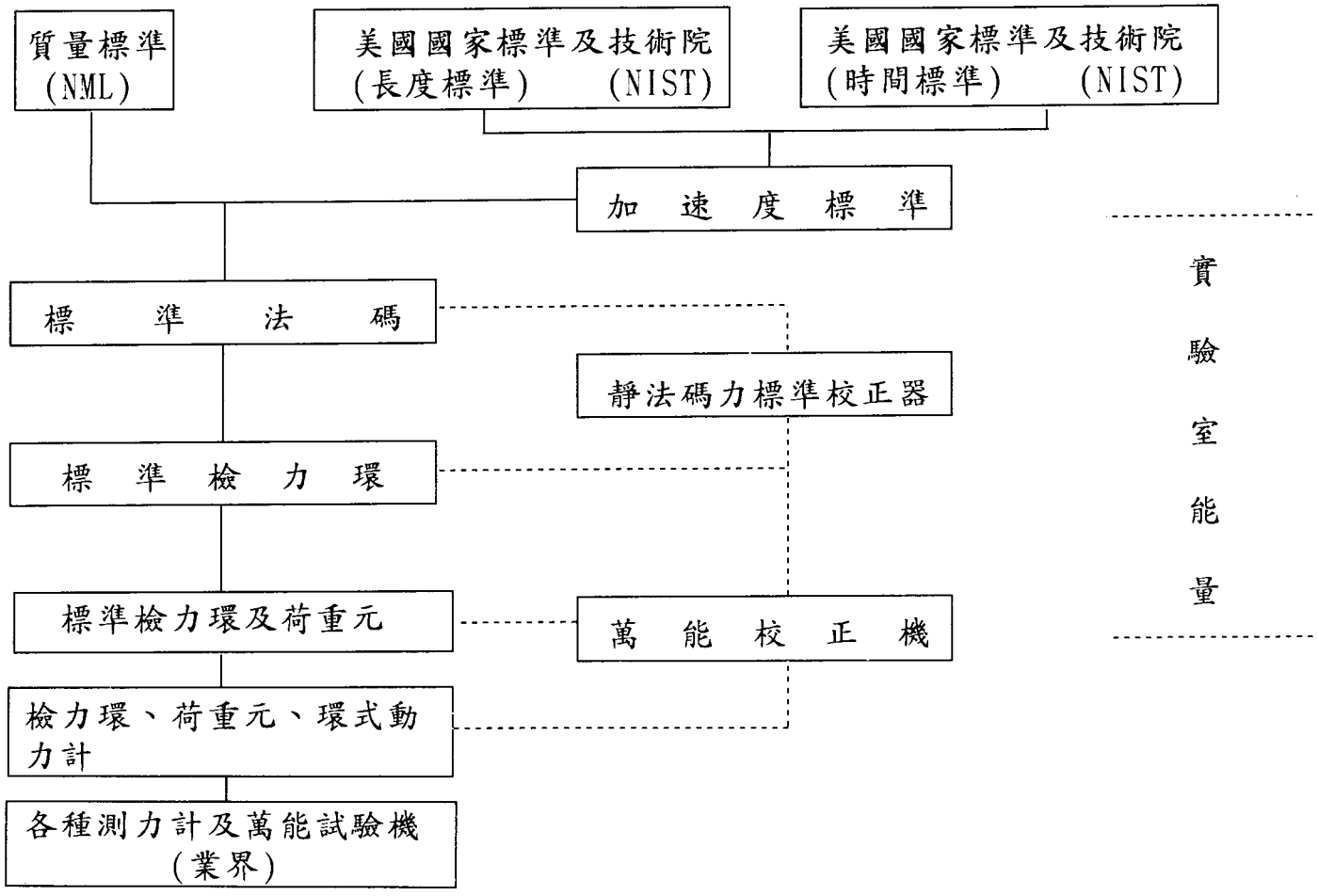

美國國家標準及技術院
(NIST)
標準公斤法碼
($E_2$ 級)
公斤質量比較儀
標準砝碼
($E_2$ 級) (~30 kg)
質量比較儀
(~30 kg)
法碼及衡器
(業界)
實驗室能量

# 力　量　測　能　量

| 系統名稱 | 標準件 | 量　測　範　圍 | 系　統<br>不確定度 | 服務項目 |
|---|---|---|---|---|
| 靜砝碼力<br>標準校正儀 | 法　碼 | 490N～4.9kN<br>(50～500Kgf) | ±0.005% | 各式測力器 |
| 萬能校正機 | 檢力環 | 1140N～490kN<br>(116～50，000Kgf) | ±0.02% | 檢　力　環<br>荷　重　元<br>環式動力計 |
| | | 431N～444.5kN<br>(44～45360Kgf) | ±0.05% | |

★技術諮詢請撥：(035)721321轉242或245　　連絡人：阮德昌

# 力量標準追溯圖

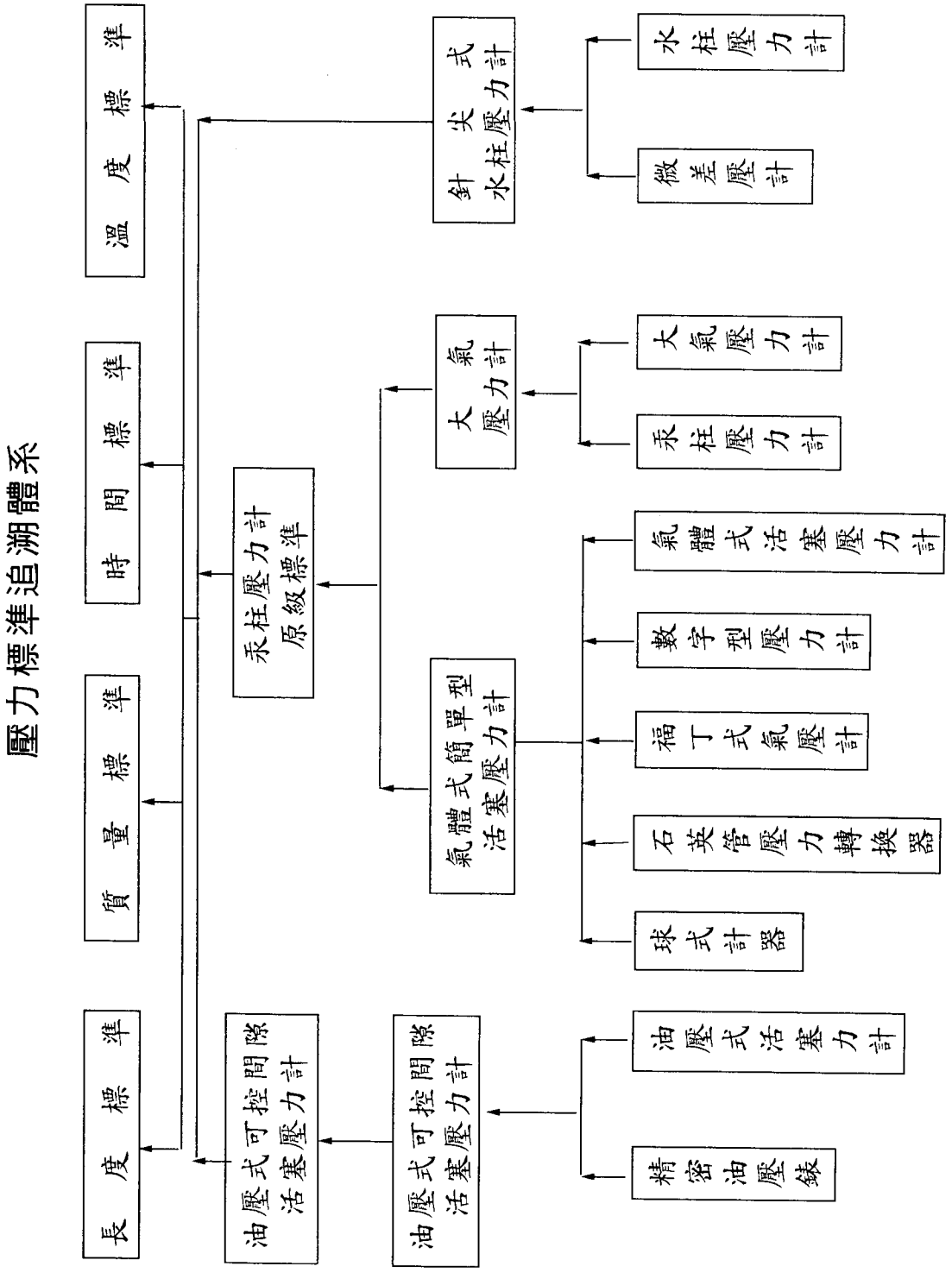

質量標準
(NML)
美國國家標準及技術院
(長度標準) (NIST)
美國國家標準及技術院
(時間標準) (NIST)
加速度標準
標準法碼
靜法碼力標準校正器
標準檢力環
標準檢力環及荷重元
萬能校正機
檢力環、荷重元、環式動力計
各種測力計及萬能試驗機
(業界)
實驗室能量

# 壓力量測能量

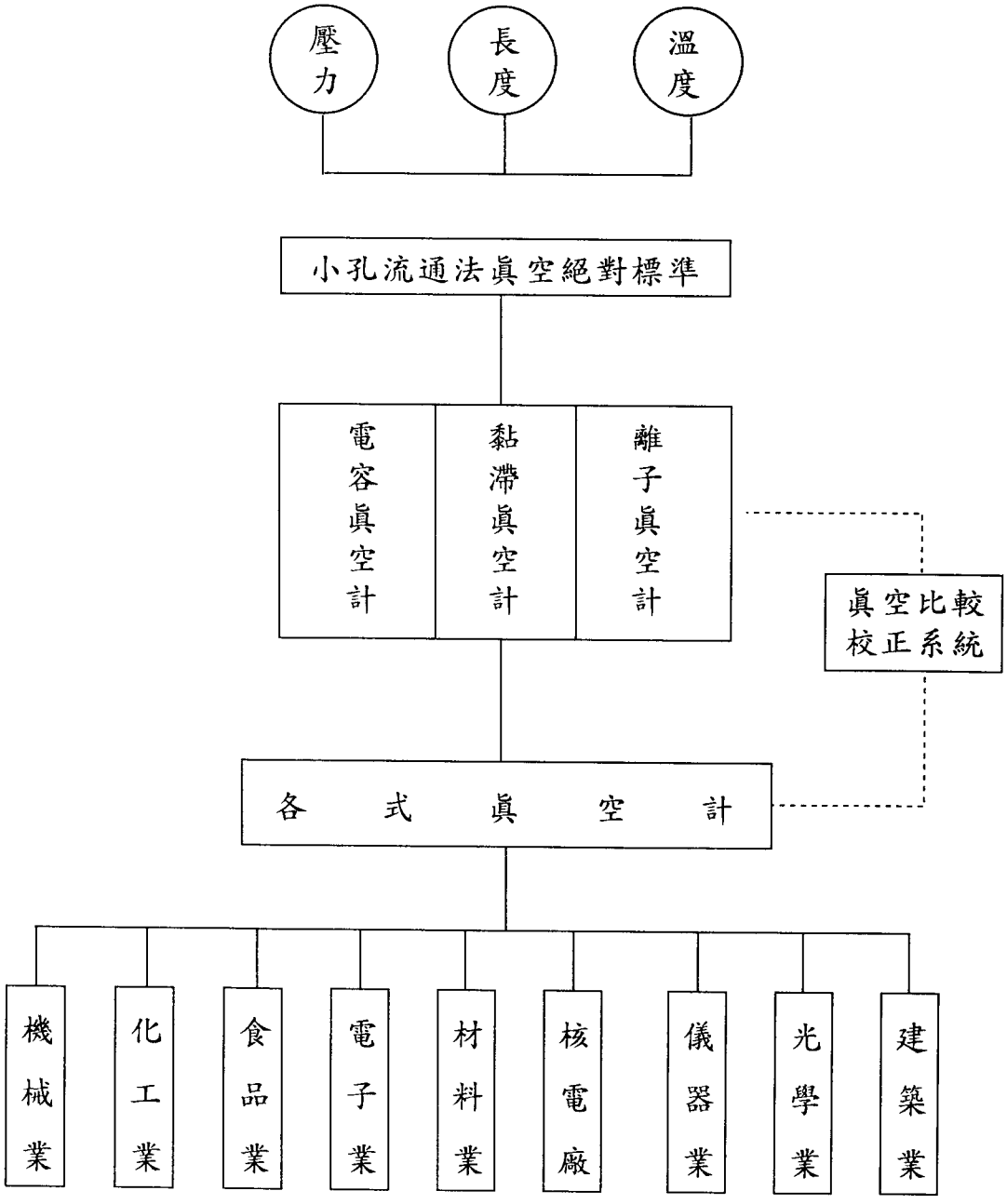
| 系統名稱 | 量測範圍 | 系統不確定度 | 服務項目 |
|---|---|---|---|
| 液壓原級校正系統 | 10～4500Kg/$cm^2$ | 46～153ppm | ・可控間隙活塞壓力計<br>・活塞壓力計 |
| 液壓校正系統 | 0.6～2040Kg/$cm^2$ | 65～150ppm | ・活塞壓力計<br>・壓力轉換器 |
| 氣壓校正系統 | 0.014～52KG//$cm^2$ | 66～90ppm | ・活塞壓力計<br>・壓力轉換器 |
| 水柱壓校正系統 | 0～600mm$H_2O$ | 0.08mm$H_2O$ | ・水柱壓力計<br>・斜管式壓力計 |
| 大氣壓校正系統 | 0～790mm$H_2O$ | 0.06mmHg | ・大氣壓力計<br>・壓力轉換器 |

★技術諮詢請撥：(035)721321轉256或257

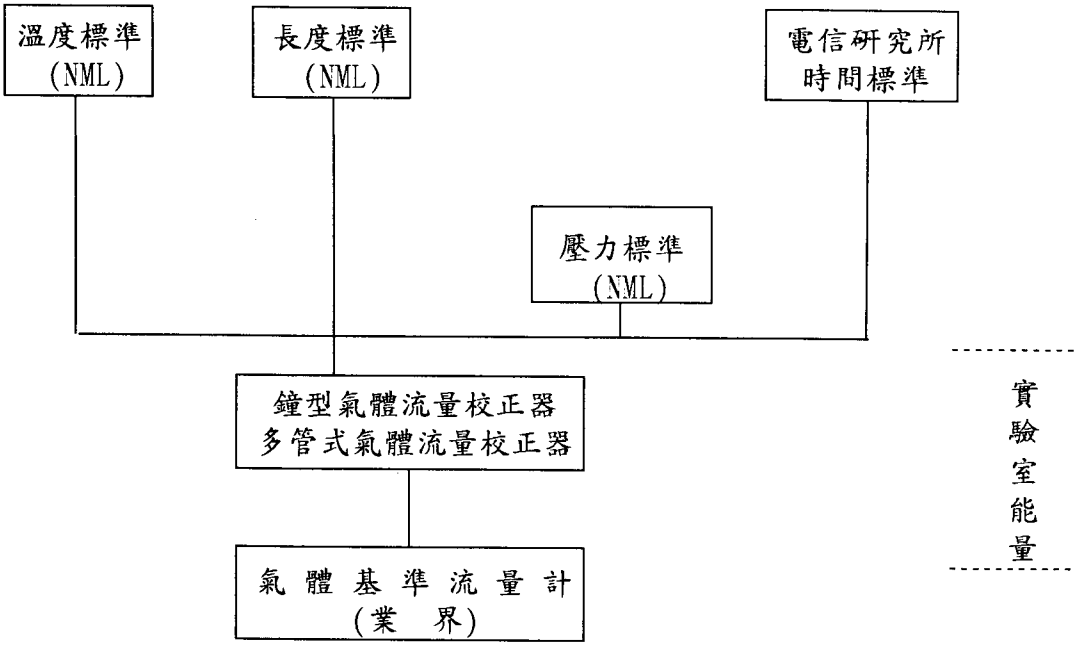
連絡人：楊志宏先生


壓力標準追溯體系
長度標準
質量標準
時間標準
溫度標準
油壓式可控間隙活塞壓力計
油壓式可控間隙活塞壓力計
汞柱壓力計原級標準
氣體式簡單型活塞壓力計
大氣壓力計
針尖式水柱壓力計
精密油壓錶
油壓式活塞力計
球式計器
石英管壓力轉換器
福丁式氣壓計
數字型壓力計
氣體式活塞壓力計
汞柱壓力計
大氣壓力計
微差壓力計
水柱壓力計

# 眞空標準追溯圖


壓力
長度
溫度
小孔流通法眞空絕對標準
電容眞空計
黏滯眞空計
離子眞空計
眞空比較校正系統
各式眞空計
機械業
化工業
食品業
電子業
材料業
核電廠
儀器業
光學業
建築業

## 流量標準追溯圖

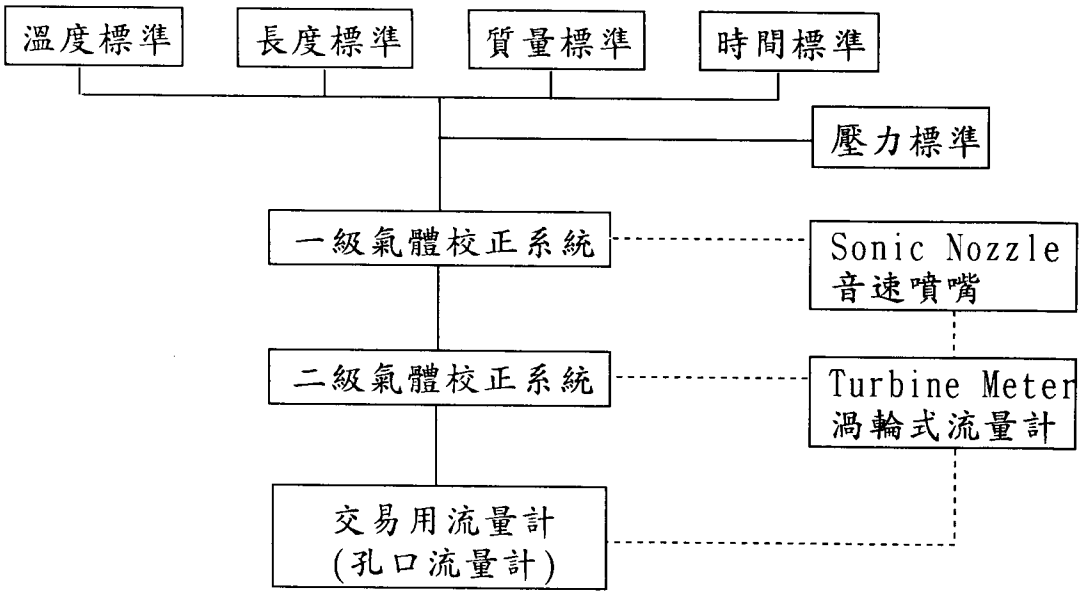



## 流量量測能量

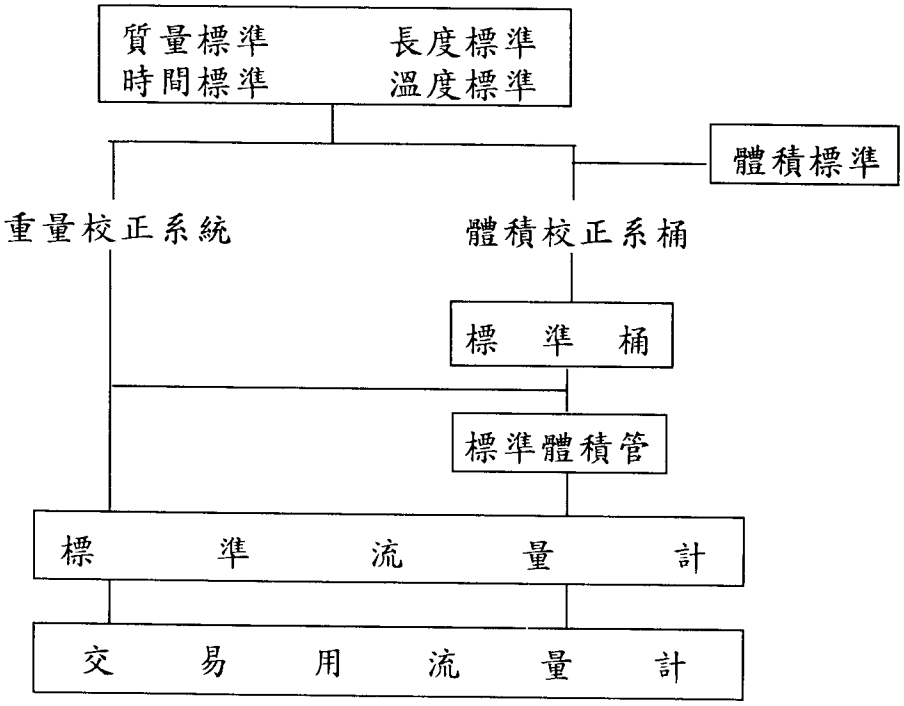
| 系統名稱 | 校正範圍 | 系統不確定度 | 服務項目 |
|---|---|---|---|
| 多管式流量校正器 | 0.01公升／分鐘 \| 24公升／分鐘 | ±0.2% | 各型微量氣體流量計 |
| 鐘型小流量校正器 | 6公升／分鐘 \| 60公升／分鐘 | ±0.4% | 濕式瓦斯基準流量計<br>乾式瓦斯基準流量計<br>浮沉式氣體流量計 |
| 鐘型中流量校正器 | 6公升／分鐘 \| 600公升／分鐘 | ±0.4% | 濕式瓦斯基準流量計<br>乾式瓦斯基準流量計<br>浮沉式氣體流量計 |

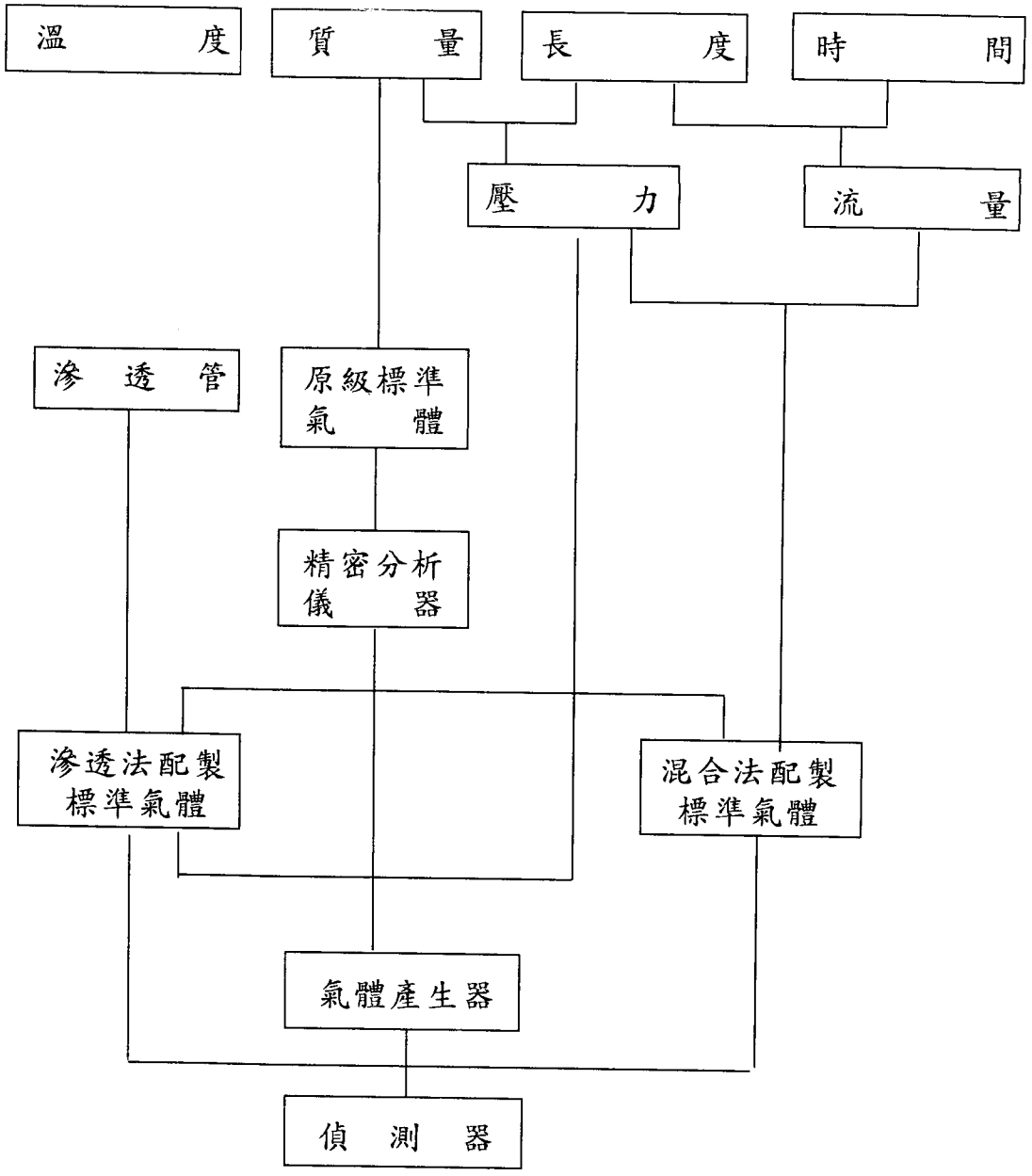
＊技術諮詢請撥：(035)721321轉2434或256　連絡人：蕭俊豪

## 氣體校正追溯體系



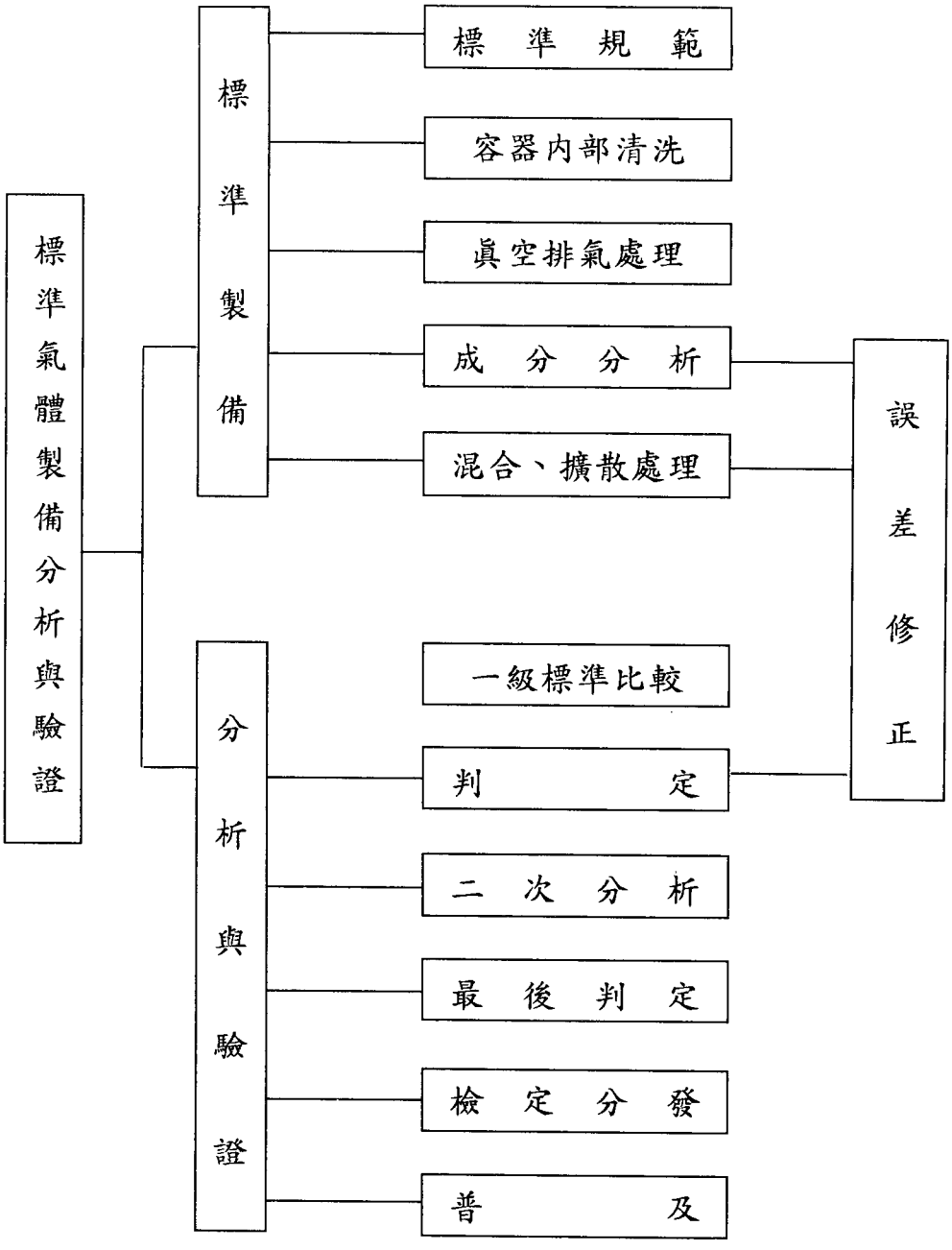

## 液體流量計標準之追溯體系

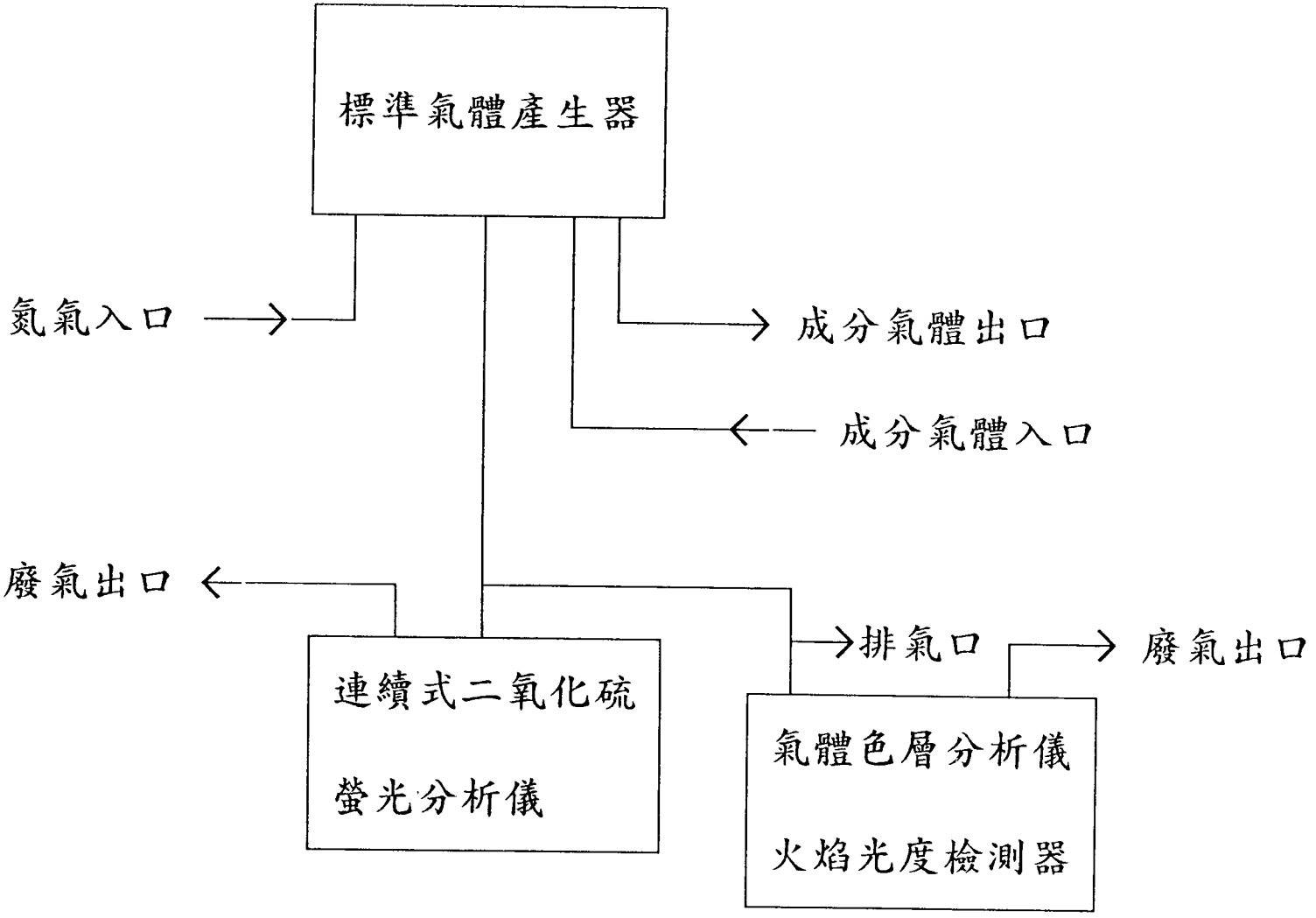




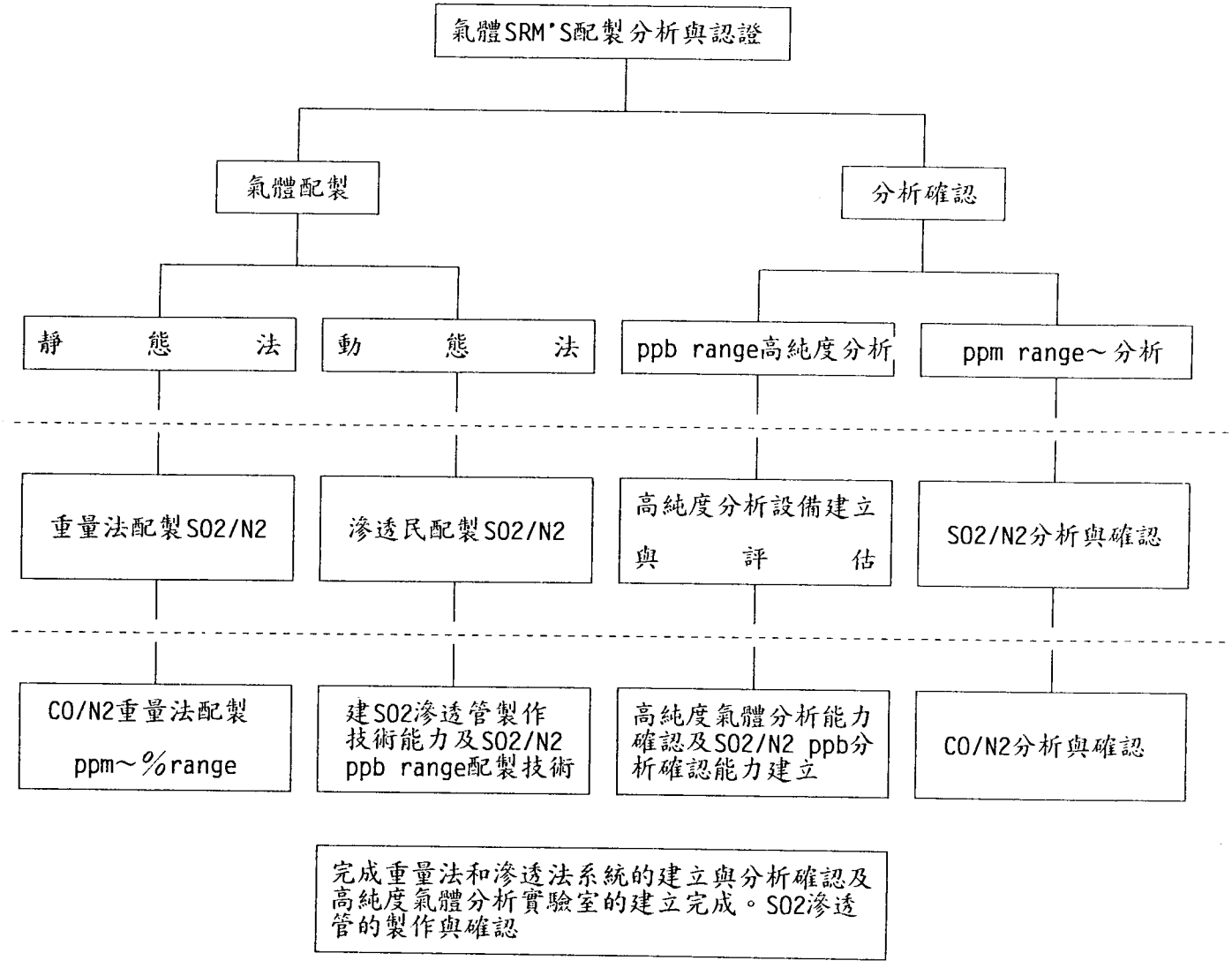

動態標準氣體校正追溯圖

# 標準氣體製備與驗證程序

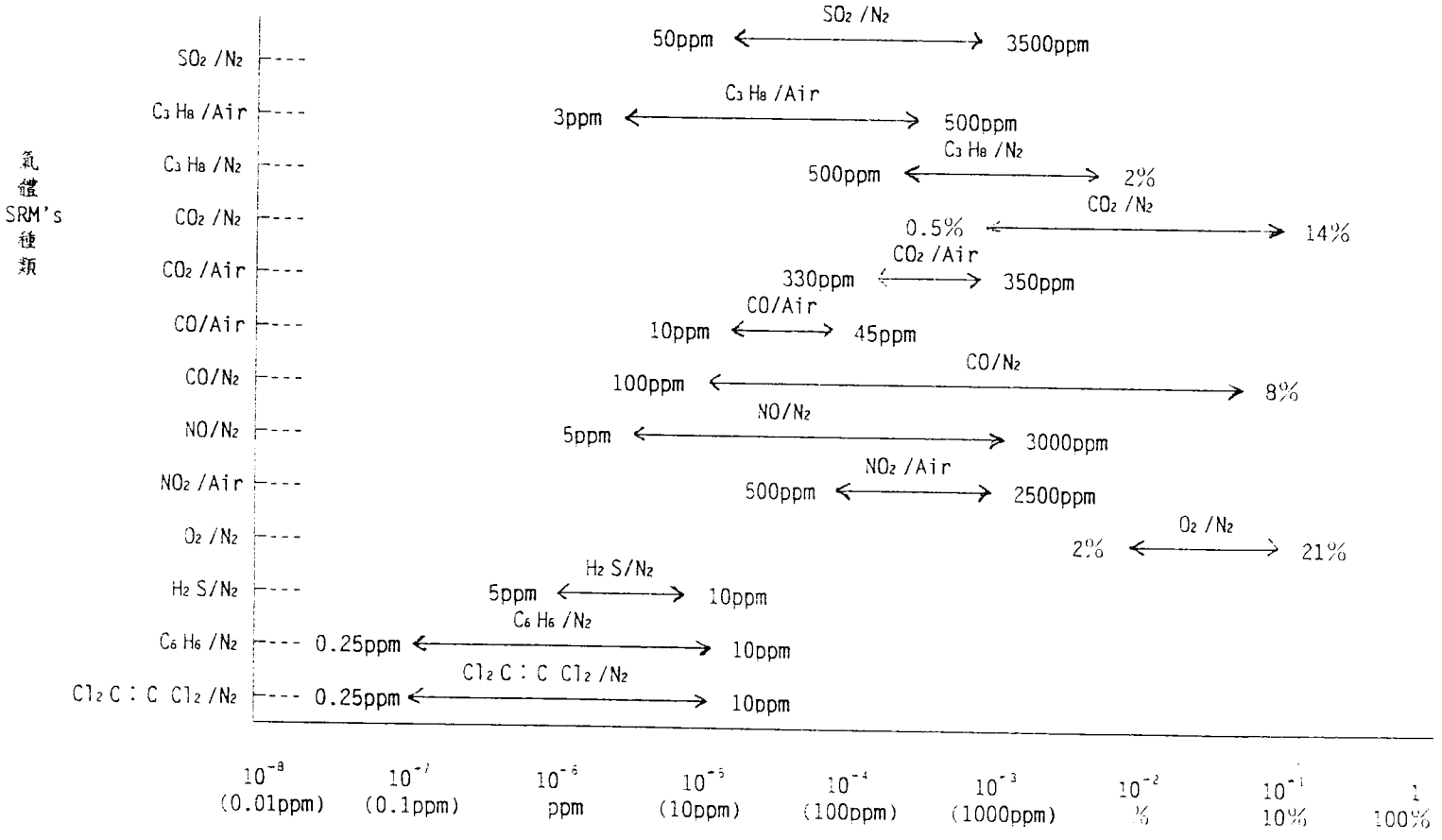





標準氣體產生器測試校正系統

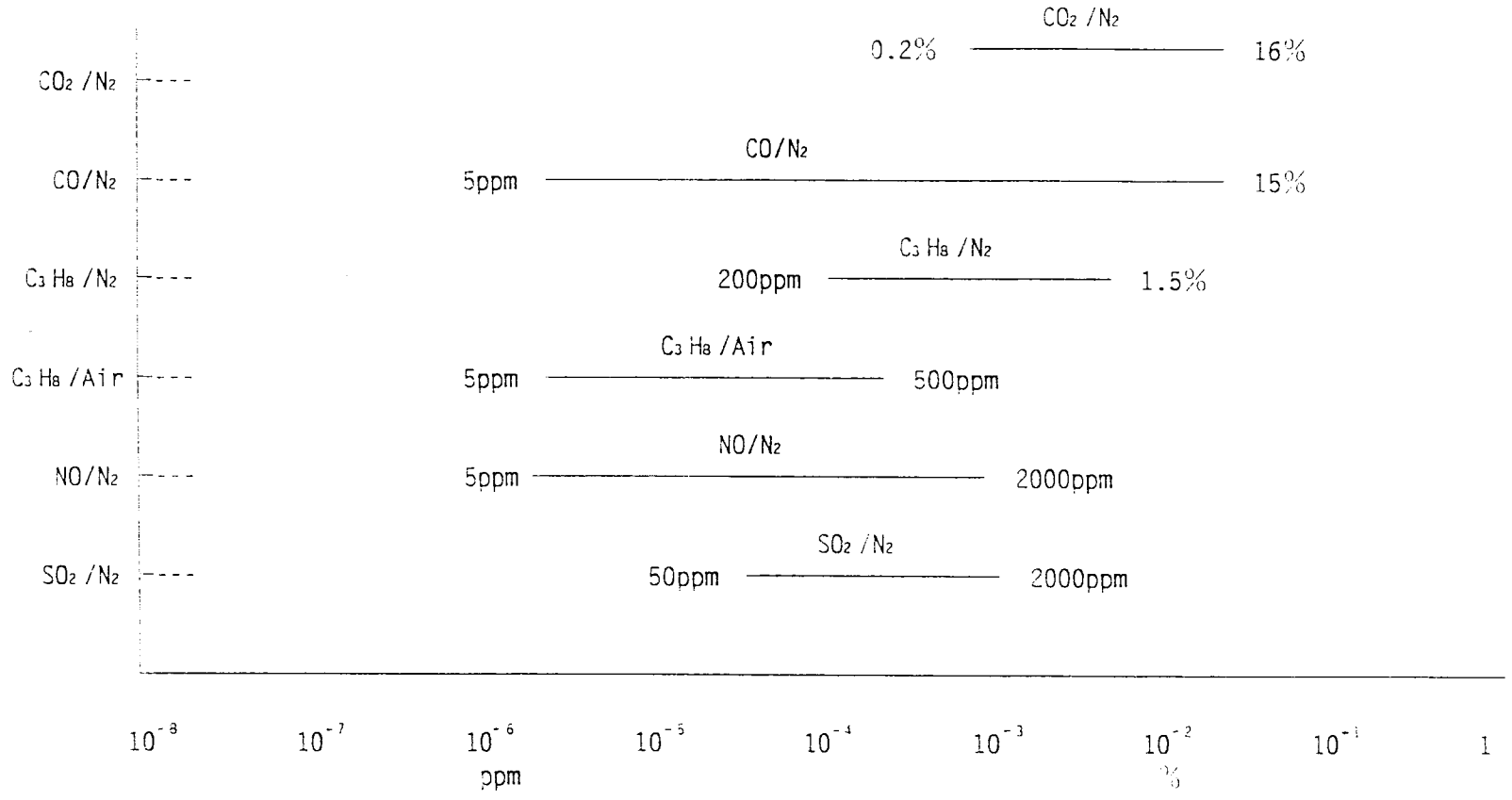



標準氣體配製分析與確認

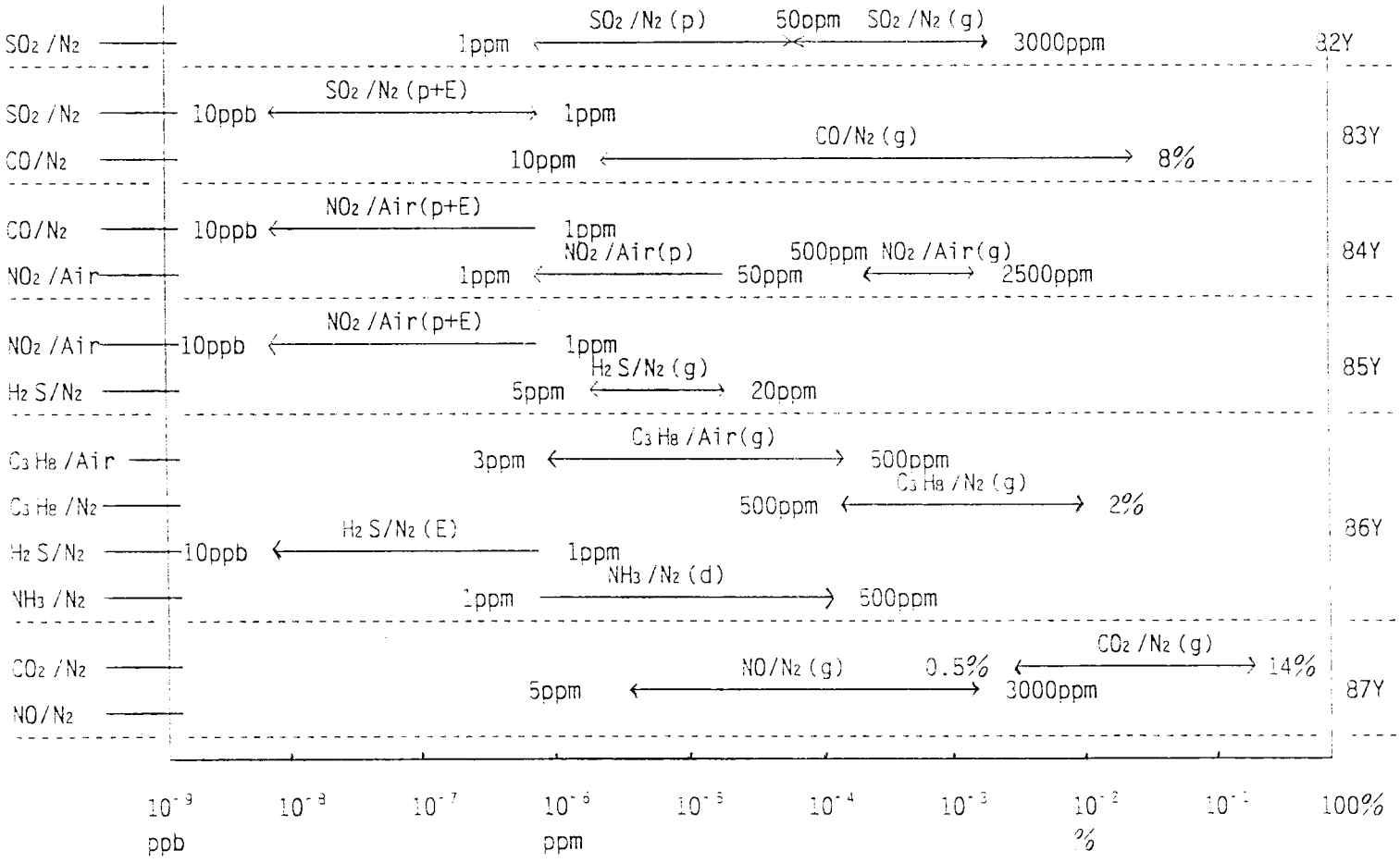



美國 NIST 氣體 SRM's 供應種類與濃度範圍 *

* 除 $H_2S/N_2$ , $C_6H_6/N_2$ , $Cl_2C\ CCl_2/N_2$ 爲二種濃度外其餘皆三種範圍以上



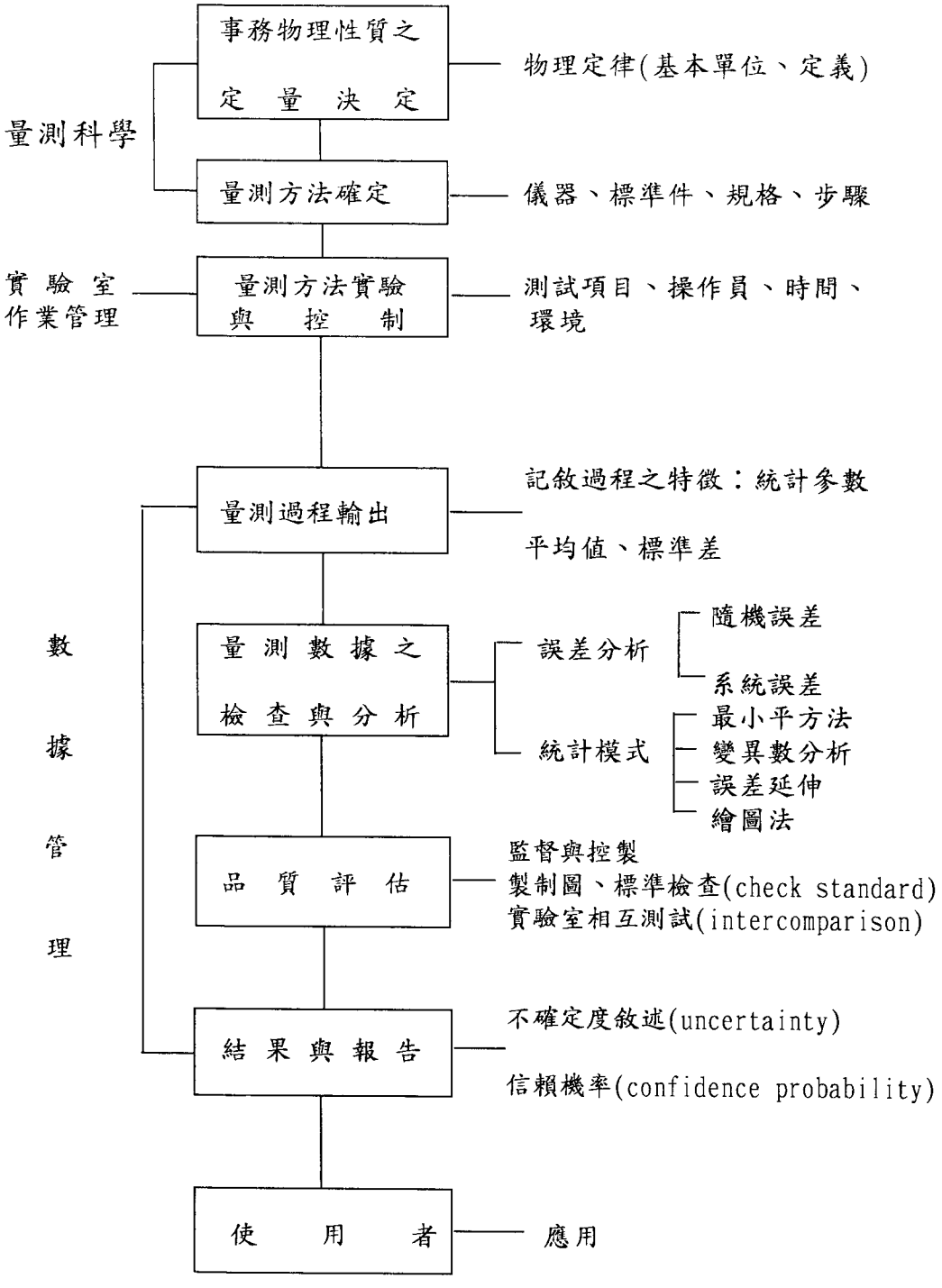

日本氣體 SRM's 供應種類與濃度範圍

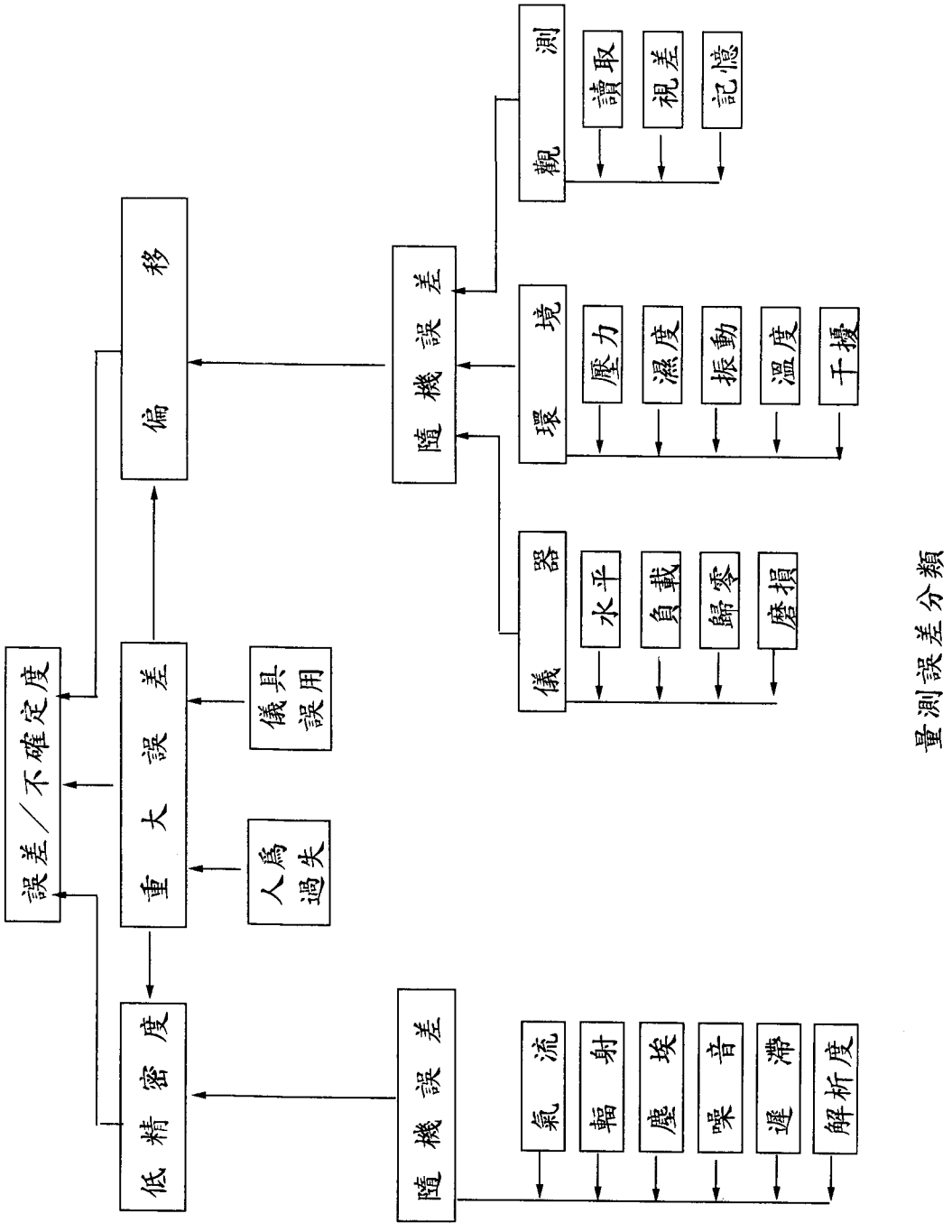



量測中心氣體 SPM'S 配製種類與範圍

g：重量法　　p：滲透法　　E：稀釋法　　d：擴散法

## 肆、量測與誤差分析


量測科學
事務物理性質之定量決定
物理定律(基本單位、定義)
量測方法確定
儀器、標準件、規格、步驟
實驗室作業管理
量測方法實驗與控制
測試項目、操作員、時間、環境
量測過程輸出
記敘過程之特徵：統計參數
平均值、標準差
數據管理
量測數據之檢查與分析
誤差分析
隨機誤差
系統誤差
統計模式
最小平方法
變異數分析
誤差延伸
繪圖法
品質評估
監督與控製
製制圖、標準檢查(check standard)
實驗室相互測試(intercomparison)
結果與報告
不確定度敘述(uncertainty)
信賴機率(confidence probability)
使用者
應用


誤差／不確定度
重大誤差
儀具誤用
人爲過失
低精密度
偏移
隨機誤差
隨機誤差
觀測
讀取
視差
記憶
環境
壓力
濕度
振動
溫度
干擾
儀器
水平
負載
歸零
磨損
氣流
輻射
塵埃
噪音
遲滯
解析度

量測誤差分類

1. 系統性誤差(Systematic errors)來源

⑴標準件不準度

⑵讀值誤差

- 儀表解析度
- 視差
- 選值

⑶老化漂移

⑷量測方法改變或錯誤

⑸搬運影響

⑹接地不良

⑺儀器散熱

⑻數據運算方法錯誤

⑼儀器使用不當

2. 隨機性誤差(Random errors)來源

⑴環境因素變化

- 溫度
- 電磁干擾
- 濕度
- 氣壓
- 電源
- 人員動態
- 振動

⑵漂移

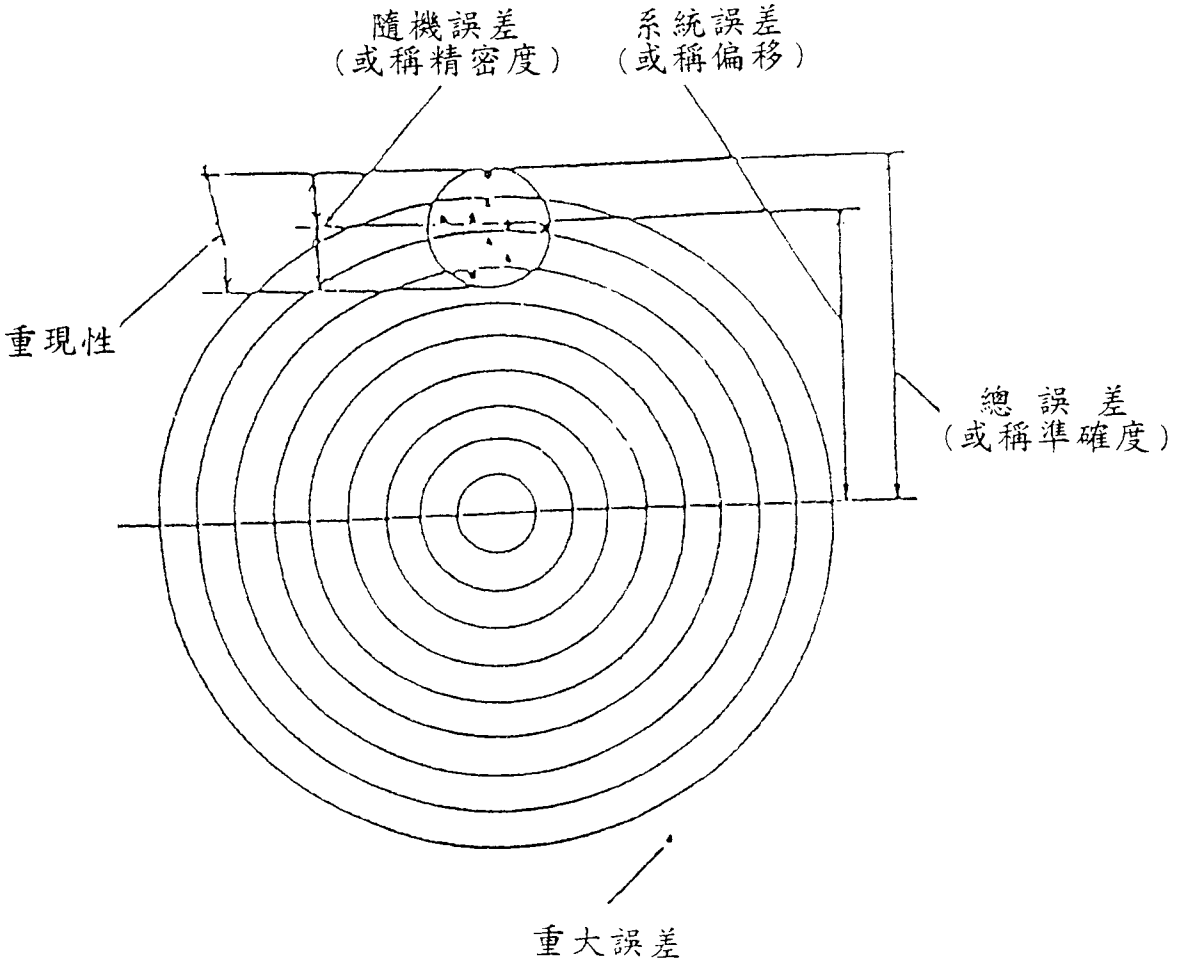
⑶數據誤填，運算錯誤

⑷操作技術不熟練

⑸重複性不良

⑹量測過程不一致

## 量測誤差來源分析




圖三　準確與誤差

# 量測不確定度

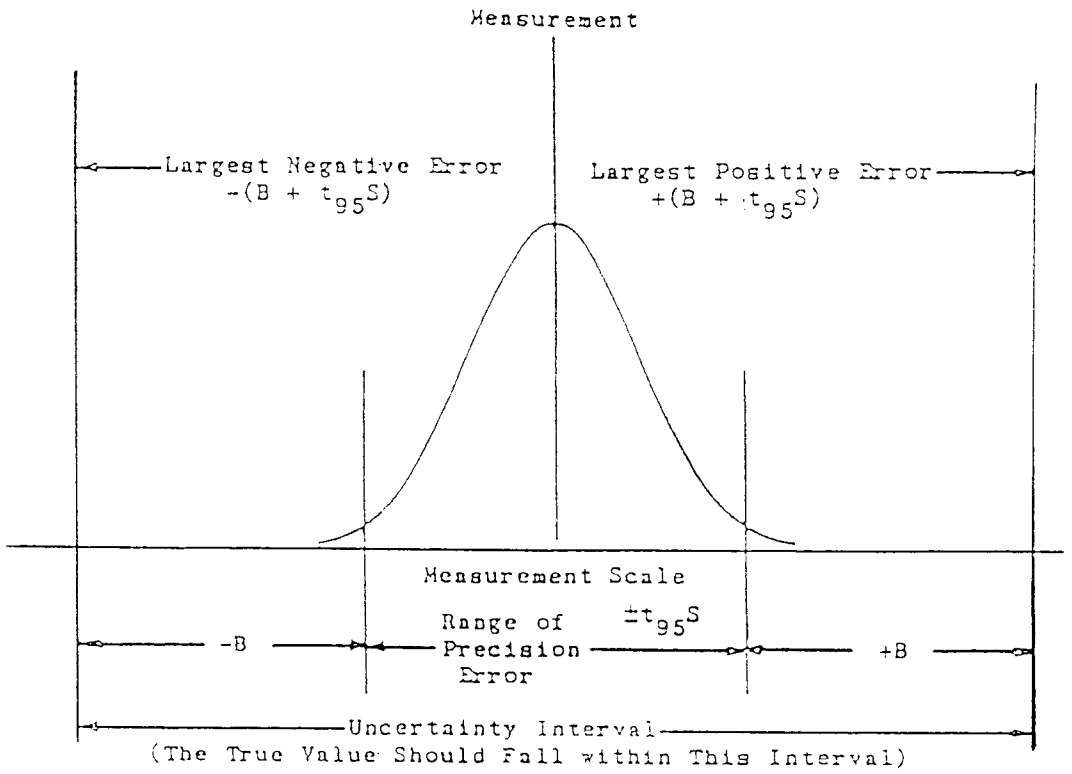
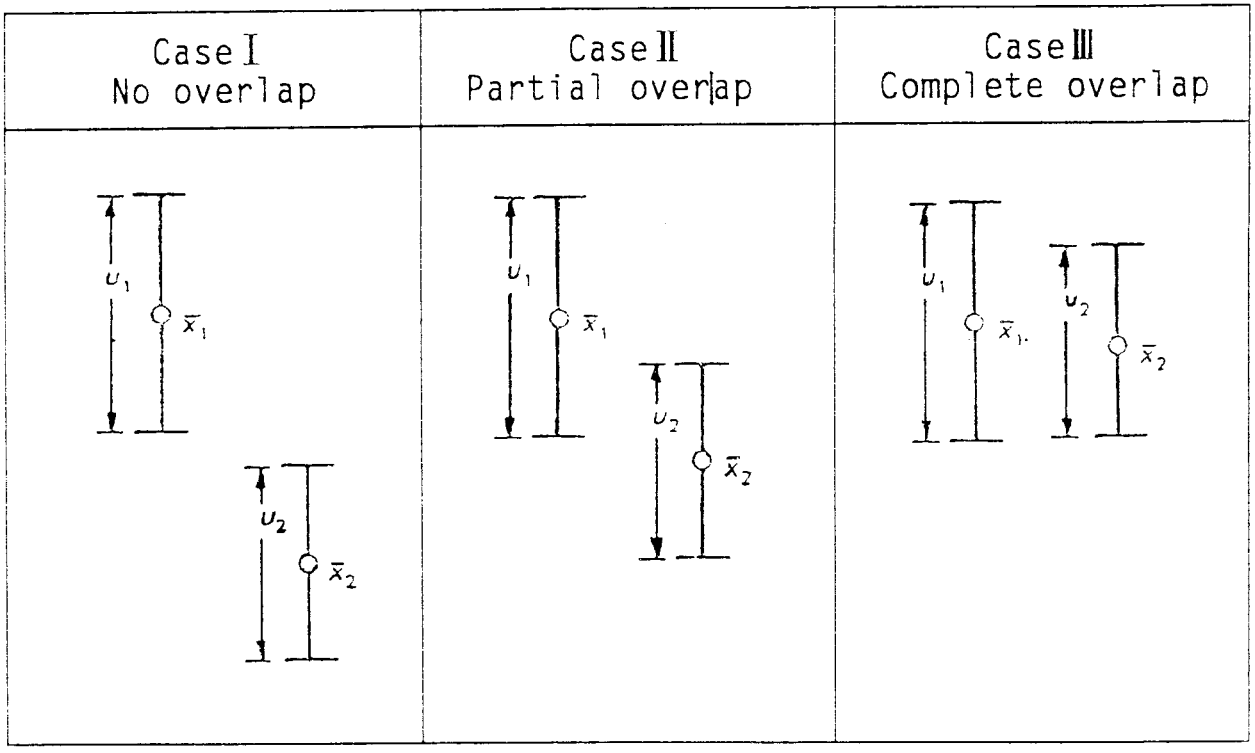



Fig. 1-6 Measurement Uncertainty, Symmetrical Bias

- 定義：量測報告值與公認眞值（或眞值）間差值之最大可信賴極限區間。
- 意義：量測品質之指標，亦是量測能力之具體展現。
- 評估：經由對誤差源做分析評估，所延伸之不確定性。
- 例子：不確定度爲±1ppm，即表示量測報告值與眞值間之差不超過百萬分之一。

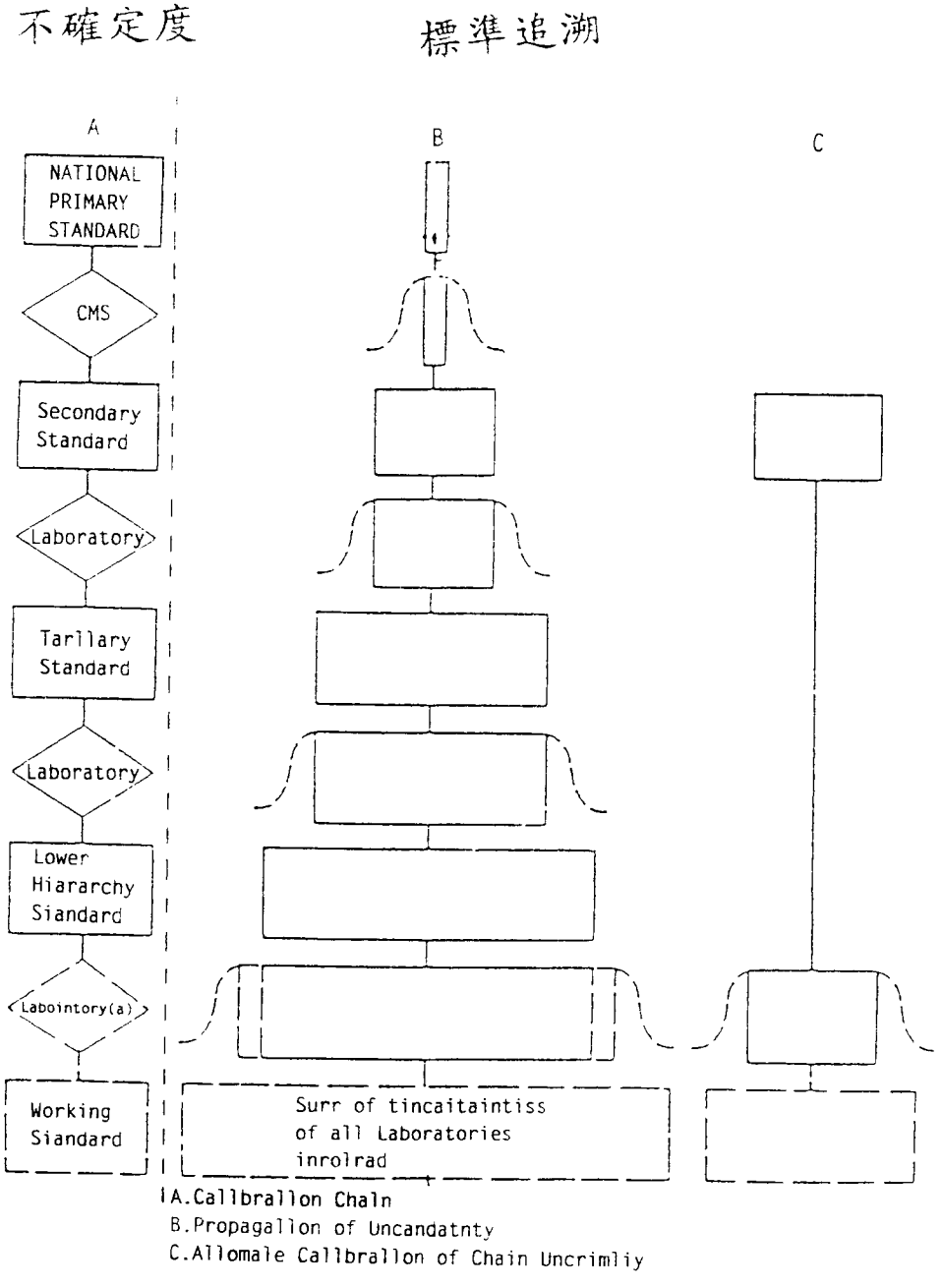
# 規格與不確定度




- Case1：不符規格
- Case2：無法判斷
- Case3：符合規格

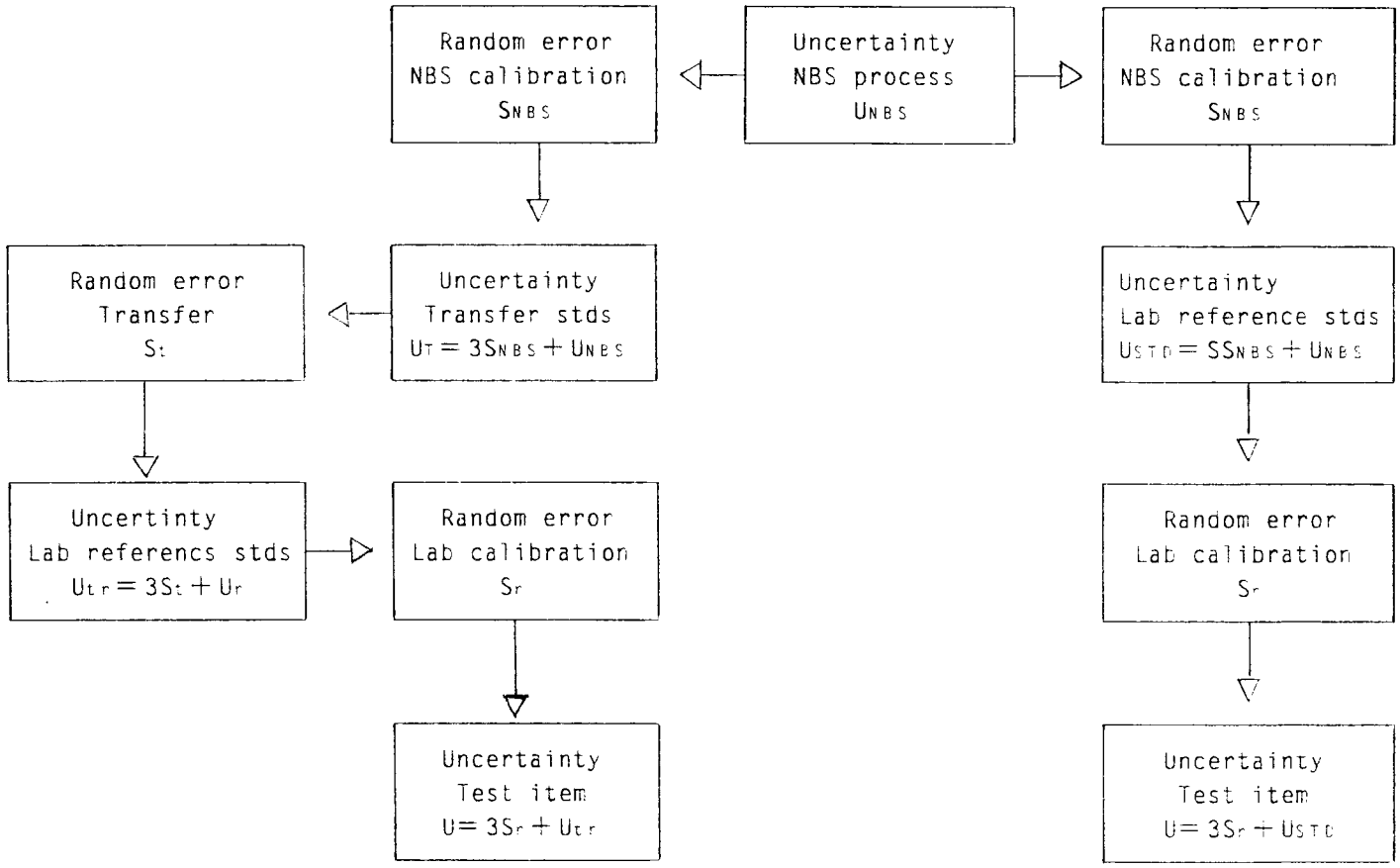
註：MIL 45662A建議：
“量測標準器的不確定度應不超過每一被校待性的可接受允差的25%”

# 標準追溯與不確定度

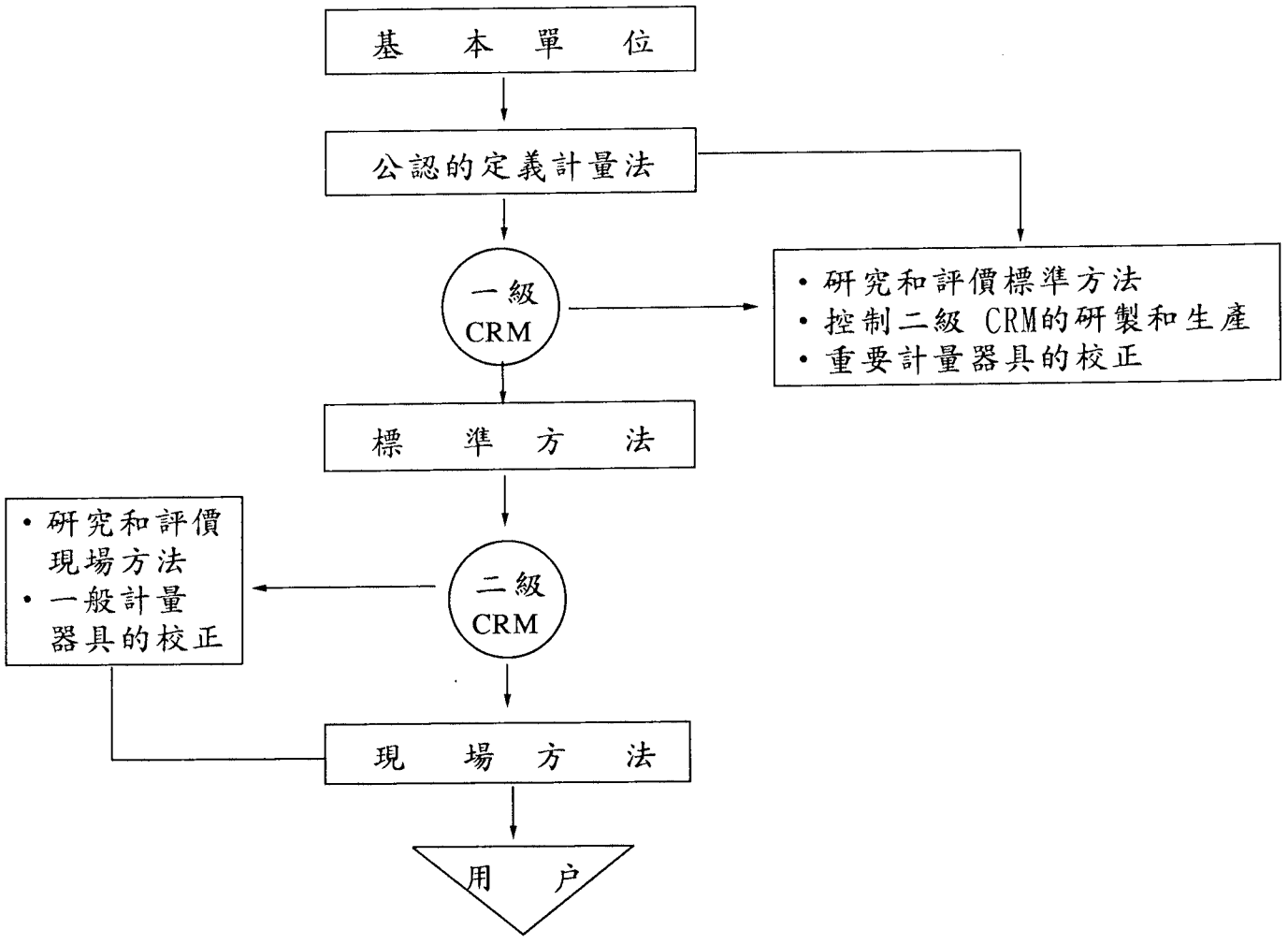

不確定度
標準追溯
A
B
C
NATIONAL PRIMARY STANDARD
CMS
Secondary Standard
Laboratory
Tarllary Standard
Laboratory
Lower Hiararchy Siandard
Labointory(a)
Working Siandard
Surr of tincaitaintiss
of all Laboratories
inrolrad
A.Callbrallon Chaln
B.Propagallon of Uncandatnty
C.Allomale Callbrallon of Chain Uncrimliy

## 量測品保追溯模式

## 傳統校正追溯模式



## 參考標準物質(CRM)傳遞模式



Quality Control ： Those procedures and activities developed and implemented to produce a product/ measurement of required quality.

Quality Assessment ： Those procedures and activities utilized to verify that the quality control system is operating with in acceptable limits.

## 量測品保設計

一、實驗室(校正)設計

(含系統設備、量測原理、系統流程、(校正)程序)

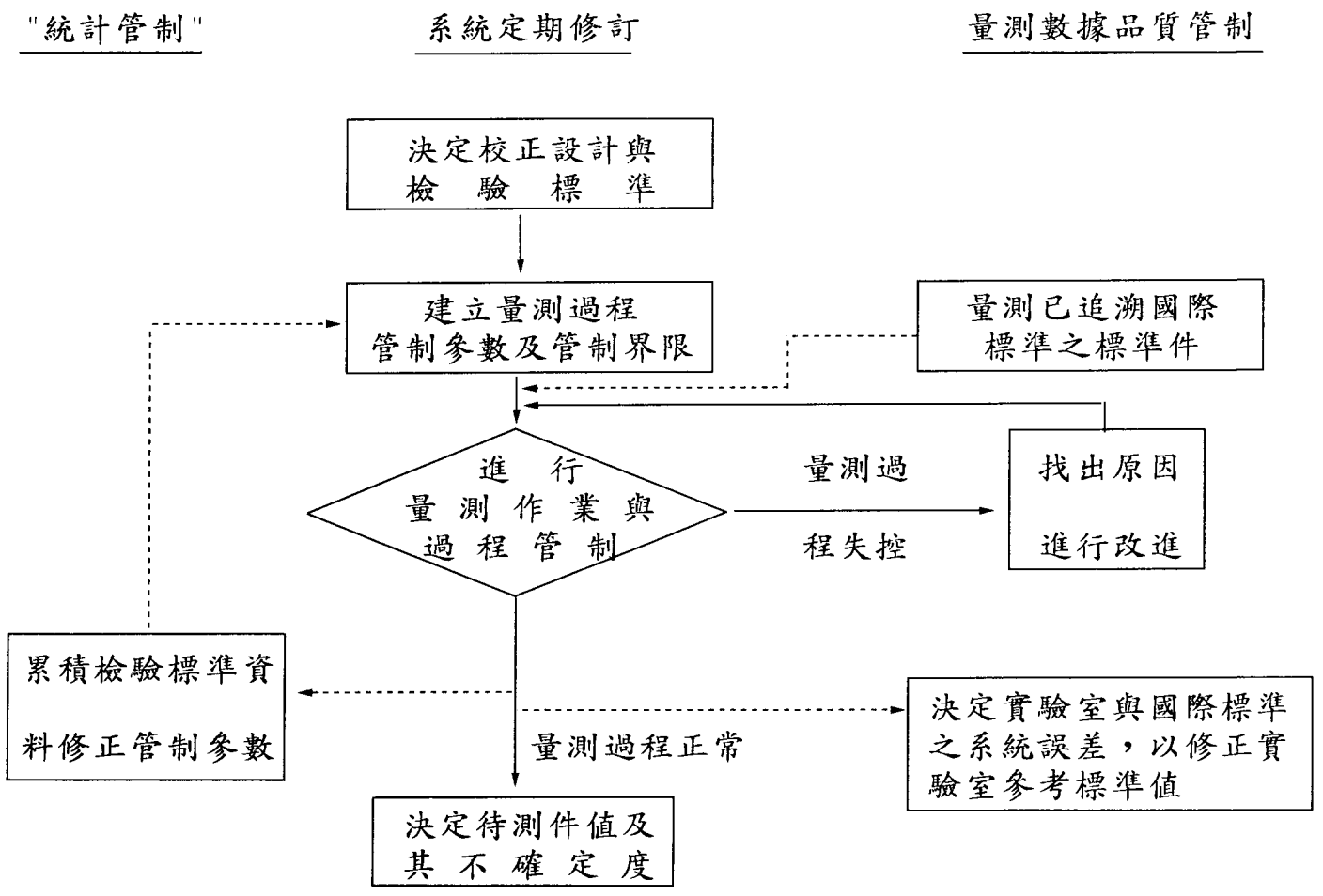
二、系統分析方法

三、管制圖建立

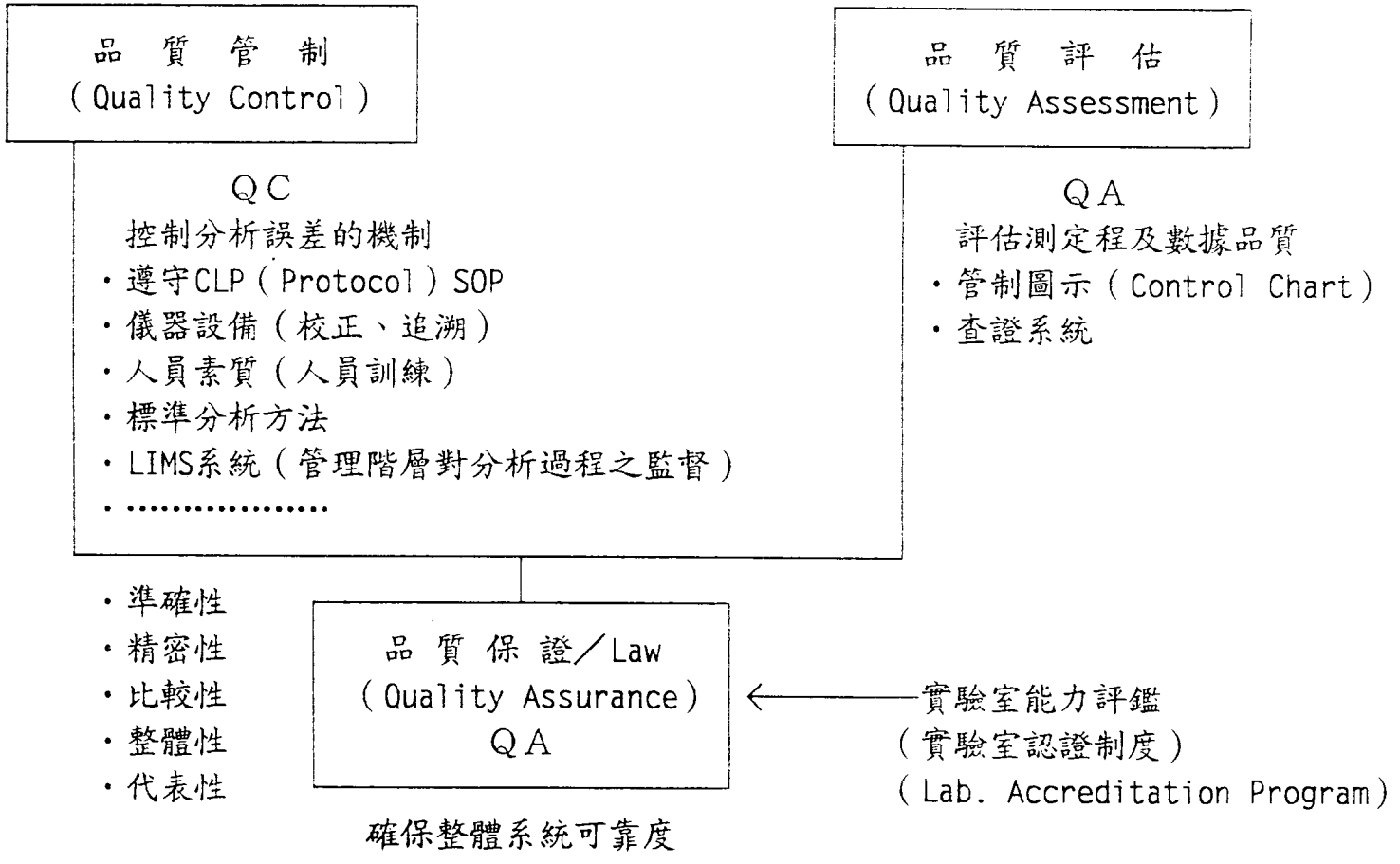
四、誤差分析與不確定度探討

(系統誤差(已定)誤差，隨機誤差(未定)誤差)

# 量測統計品保方案方塊圖



# 完整實驗室的 QA/QC 系統



# 附　件

## 各式濕度計優劣點比較表(Ⅰ)

| 濕度計種類 | 優　　點 | 缺　　點 |
|---|---|---|
| 秤　重　式 | 1.國家濕度標準<br>2.準確度最高 | 1.無商品化產品，造價高昂<br>2.體積龐子，系統複雜，不易操作 |
| 光學冷凝式 | 1.可當作濕度次級標準<br>2.精確且可有良好的準確度<br>3.操作範圍非常廣 | 1.鏡子需經常清潔<br>2.不適用於將近凝結的氣體<br>3.氣體需高度過濾<br>4.價格稍高 |
| 乾　濕　球 | 1.直接量測相對濕度<br>2.簡單，便宜而且理論基礎成熟<br>3.可同時量測氣體溫度 | 1.濕布的蒸發速率會受測試氣體之沉積而減緩<br>2.氣體流速小於3m/sec時，量測結果和流速有關<br>3.需經常加入蒸餾水 |

## 各式濕度計優劣點比較表(Ⅱ)

| 濕度計種類 | 優　　點 | 缺　　點 |
|---|---|---|
| 機　械　式 | 1.不需供應電源<br>2.簡單、價格低廉<br>3.在使用範圍內，對溫度敏感度低 | 1.漂移及遲滯現象較大<br>2.輸出非線性<br>3.只能在有限的溫度範圍內操作 |
| 電　解　式 | 1.可感測到極低的濕度<br>2.不需校正 | 1.氣體流速需保持一定<br>2.五氧化二磷活性高，限制可測定的氣體種類<br>3.感測元件需經常作再生<br>4.感測元件因意外浸水即損毀 |
| 氯　化　鋰 | 1.和流速無關<br>2.可量測露點和相對濕度 | 1.需經常作維護<br>2.許多氣體會損傷感測元件<br>3.感測元件因意外浸水即損毀<br>4.低濕無法量測 |

各式濕度計優劣點比較表(III)

| 濕度計種類 | 優　　點 | 缺　　點 |
|---|---|---|
| 氣化鋁 | 1.使用範圍很廣<br>2.高穩定度<br>3.和流量無關<br>4.反應快度<br>5.高選擇<br>6.操作溫度、壓力範圍廣<br>7.不太需要維護 | 1.校正結果顯示有緩慢漂移的現象，在較高溫度或某些氣體下操作會加速漂移<br>2.某些腐蝕性氣對感測器有不利影響<br>3.在高溫、高露點下，感測器需作簡單的溫度控制 |
| 聚合物 | 1.簡單、價格低廉<br>2.和流速無關<br>3.只需很少的維護<br>4.濕度變化時反應快速 | 1.在高濕時有遲滯及漂移現象<br>2.只能量測有限的濕度範圍<br>3.易受化學妨害和塵粒的沉積 |
| 紅外線 | 1.量測範圍廣<br>2.可在高腐蝕性氣體下使用<br>3.適用於立即性的多成分分析 | 1.價格較高<br>2.許多氣體會造成干擾<br>3.需要校正 |

# 溫室決策支援資訊系統介紹

方　　煒

國立台灣大學農業機械工程學系

## 摘　　要

溫室是由許多相關組件所組合的一複雜系統，其實體組件包括建築結構、作物生長設施、物料運搬設備、環境調節設備、環境監控儀器及資料處理設備等；其操作組件則包括涉及的勞力、環控的策略，以至於設計、分析與管理上相關的各種作業。是否能夠將此一複雜體內各相關組件作一良好的整合以因應外來的需求與刺激譬若天候、市場、社會、經濟、政策等，將是此企業成敗的關鍵。新科技的引進使每一組件均有更多的可行選擇，組件間的相互關係也更形複雜，譬若新的結構資材、先進的環控技術與策略、改良的作物栽培方式、省工的運搬系統、省空間的內部配置方式等，引進某項新的實體組件或採行某種新的操作組件將連帶影響整個溫室系統。溫室，這一複雜體，從設計、規劃、運作到管理，每一層面的工作均充滿著挑戰，管理者不斷的要面對不同的大小問題，就像打仗一般，其涉及的決策問題鉅細靡遺，包括每日、每週工作中涉及的近程(操作上的，OPERATIONAL)決策，每月、每季工作中涉及的中程(戰術上的，TACTICAL)

決策，以及每年甚至數年之內涉及的遠程(戰略上的，STRATEGICAL)決策。傳統上決策者所依循的是個人的經驗與智慧以針對各種不同的個案來作決定。在邁向二十一世紀、電腦大肆普及的今日，經驗與智慧仍是最重要的。借助電腦的大量記憶空間與快速的運算能力，決策支援資訊系統的建立就像是提供給決策者一個工具箱以協助決策者行資料蒐集、數據運算並進而分析、歸納，將資料與數據轉化爲可用之知識以支援決策者作出合宜的決定。本文的主旨在介紹作者於過去數年內發展的溫室決策支援資訊系統。此系統以模組化的方式整合，可大分成五大方向：一、結構及環控，二、作物生產，三、內部配置與物料運搬，四、勞力使用與其它資源配置，五、工程經濟。本文將依此五大方向簡介各相關模組的功能及其內涵，模組間的互動關係以及組合部份模組以因應各不同個案的〞問題導向〞觀念。

## ABSTRACT

A greenhouse is a system integrating a number of interrelated hardware and software components. Some of them are the structure, the environment within the structure, the crop growing facility, the materials handling equipment, the environmental control apparatus and strategies, the information processing devices, and the management and labor forces. The ability to integrate environment, plant culture, and man/machine system is essential to a successful greenhouse operation. Recent technological advancements have brought new possibilities for commercial greenhouse production systems. New greenhouse construction materials and methods with advanced environmental

control techniques, together with enhanced crop culturing systems enable the establishment of precise production scheduling. Automated crop production systems give a new look at the efficiency of space utilization. All these are making effective greenhouse management an extremely challenging task. The return on investment in such high technology operations can be assured only through proper management. Decision making is an essential part of a greenhouse manager's daily job. The level of the decision making that involved can be on a daily or weekly basis (ie., operational planning), monthly or seasonally basis (ie., tactical planning) or on a yearly basis (ie., strategical planning). Human intelligence and experience are invaluable in decision making processes. However, a significant portion of decision making effort must be devoted to gathering and manipulation of information and data. Computers, with their vast memory capacity and fast data processing speed, may be used to provide support for reaching informed and timely managerial decisions. The complexity of a greenhouse system combined with the sophisticated design process requires that its planning and operation include a large number of decisions. Typically, decisions are made on the situations under the subjects related to (1) structure / environmental control, (2) crop production, (3) layout / materials handling, (4) labor / management, and (5) engineering economics. This paper presents an overview of the software modules developed, the underlying fundamental idea governing their development, the interrelationships among the modules, and the building of application packages by integrating selected modules which is based on the "problem oriented" concept.

## 前　　言

溫室是一整合許多相關硬軟件的系統，這些硬軟件包括結構、結構下的環境、作物生長設備、物料運搬設備、環控儀器、策略、資訊處理軟硬體、管理及人工等。溫室系統的複雜程度取決於其操作的目標。欲保証所有組件的相容及整個系統的可行，以著眼於整體系統的眼光來研究整個溫室是非常重要的(Giacomelli *et al* ., 1990 and 1989)

以工程化的眼光來看，系統設計及管理的第一步是識別可行的系統並進而決定最佳的系統。所謂可行的系統乃指一系統能滿足所有的限制並允許所有給定的工作能順利完成，最佳系統自可行系統中產生，其具備最佳的目標函數值。

溫室生產比傳統露地栽培需要更多的單位面積投資成本，是以吾人預期能有更高的回收。整合溫室生產系統涉及複雜的設計、規劃與操作，在其間必須作許多不同的決定。欲有正確的決定，首先需要有適當的資訊，完整的資訊需要來自不同的來源，以溫室生產系統爲例，我們需要工程、園藝、作業研究、電腦、統計等方面的知識，再者，具溫室內實際工作多年的經驗更是有價值。

鑑於吾人了解到在溫室生產系統中不論設計、規劃或操作均需具備足夠的有用的知識，我們發展了一套決策支援的電腦軟體。決策支援乃是蒐集、存取有用的資訊，加以分析，並予以解釋以幫助決策者作決定。決策支援資訊系統即是決策者所依據的除經驗之外的一有用的工具箱。

## 決策者常面對之問題

**設施、結構方面：**

溫室之方位是應採東西向或南北向？建築之型式是應採多座單棟或連棟？其結構是應採三角屋頂，圓弧頂，或其它型式譬若太子樓型？建築之被覆資材是應採玻璃或塑膠？若採用塑膠，應採用軟質的塑膠膜或硬質的塑膠板譬若玻璃纖維浪板? 採用的被覆資材爲單層或雙層？若爲單層，其材質爲何？若爲雙層，其內外材質各爲何？內外材質互換之影響爲何？在雙層之內是否保持充氣狀態？各種材質之內是否有加入添料，其對該資材之光學與熱學性質之影響爲何？是否能延長使用壽命？是否使用遮蔭布幕(網)？其質料爲何？安裝於室內或室外？所有資材之成本與使用壽命爲何？

**環控方面(加熱)：**

整個溫室之熱負荷爲何？鍋爐尺寸爲何？加熱設備管線之安排爲何？熱能之供給是由線而面或由點而面？前者係指安裝加熱管，後者則只有在單點或多點擺上加熱器。加熱管的安裝可在頂上屋簷下、地上台架上、地上台架下或埋於地底。加熱管之資材及相關之工作流體皆可有多種選擇，常見的資材包括通以熱風的大型多孔塑膠膜管或通以熱水或蒸氣的金屬或耐熱塑膠管。金屬管尙有有翅無翅(fin) 之別，前者可提供較多熱量但也較貴。加熱系統中可使用之燃料種類也頗多，譬若：煤、油、天然氣、木柴、太陽能等，使用何者最經濟？若有其它熱源可利用譬若發電廠流放之廢熱、地熱、沼氣等，因此而改裝部份系統是否可行？是否需要保溫蓄熱布幕，其材質以何種最適合？各項設備之成本及壽命各爲何？

**環控方面(降溫)：**

整個溫室之冷卻負荷(Cooling Load)爲何？可行之降溫方法爲何：遮蔭、通風、冷卻或多種併用？遮蔭布幕(網)要架在室內或室外？通風方式採自然或强制通風? 若爲自然通風，窗戶之大小、位置要如何

安排？若爲强制通風，除窗戶大小、位置之考慮外，尙需慮及風機馬力，溫室系統靜壓降等因素。若窗戶內有安裝防蟲網，則視網目大小影響系統靜壓降之程度，風機馬力亦應作對應之增加。若溫室內欲安裝蒸發冷卻設備，其應採風機濕簾式(fan and pad)或風機水珠式(fan and mist)。 濕簾之尺寸，供水之速度，水珠之顆粒大小，噴頭之水壓各應爲若干？各項設備之成本及壽命各爲何？

**環控方面(增、減濕)：**

與升、降溫環控之相互關係爲何？何時該增濕？何時該減濕？空氣濕度與作物之氣孔開合與根部之吸水有何因果關係？濕度與病蟲害滋生之因果關係又爲何？使用何種設備又經濟又實用？

**環控方面(人工照明)：**

溫室內安裝人工照明之用途爲何？係補日照之不足、作產期之調節、或二者兼而有之？其主要針對何種作物？使用何種燈光：燈泡、日光燈、高壓鹵素燈(HPS) 或其它？安裝方法爲何？高度、間距是否適當？應如何使用：一年中照那幾個月？一天中照那幾個小時？光照强度爲何？電費爲何？經濟效益爲何？設備之成本及壽命爲何？其與其它設備、結構之配合，對微氣候之影響各爲何？

**環控方面(二氧化碳)：**

何種作物最需要？何時最需：凌晨、正午、黃昏？產生方法爲何：燃燒、液態二氧化碳、其它？使用方法爲何：一日中補充那幾個小時？最適濃度爲何？與其它設備譬若燈光之配合，對微氣候之影響各爲何？設備之成本及壽命爲何？經濟效益爲何？

**環控方面(養液)：**

作物所需之最適養液爲何？如何控制？控制那些項目？除了營養

液的濃度、供給頻率及時間、溶液之酸鹼值(pH)、電導度(EC)及溫度等基本要項之外，還需注意甚麼？感測器又應如何選擇？又，在環保意識抬頭的今日，養液的循環使用爲時勢之所趨，如何才能設計一個眞正無外洩之封閉系統？

前述各環境調節設備包括升／降溫，增／減濕，照明／遮蔭，二氧化碳，養液等之控制方式爲何？採用單段或多段的on/off控制方式或採用其它如PI, PD, 或 PID等控制理論？控制策略係採透過環境與作物生長模式演算模擬的預授、純粹靠感測器的回授、二者整合的預授加回授或其它有專家系統輔助的方式？

**內部配置與物料運搬方面：**

內部配置包括工作、作物生長及走道區應如何安排？生長區之配置：一行一走道、多行一走道或無走道？作物之安置：置於地上或台架上？台架採固定式或可移動式? 尺寸規格爲何？若採可移動式台架，是否只可作近距離或亦允許遠距離之移動？只可作近距離移動者：左右移或前後移？何者之土地使用率較高，溫室中允許之工作地點爲何：工作區、生長區、走道區或多處？作物運搬方式與運搬設備爲何？經由甚麼途徑運輸？如何才最有效率？欲增加新設備是考慮買或租？那些作業可以自動化或機械化？自動化或機械化應該到甚麼程度較適當？

**勞力方面：**

一年之中何時最需勞工？甚麼作物最需勞力？投資新機器以節省勞力是否划算? 應雇用固定人數的勞工或採彈性雇用方式？工人應具有那些技術、應施予甚麼訓練? 勞工之薪資佔全操作成本之若干？如何安排可用的勞力使達最高的使用效率？

**作物方面：**

生產成本、售價各爲何？稍有升降之影響？甚麼作物之經濟價值

最高？如何計算？從種籽種起、或買進種苗，何者划算？改變栽培方式之影響爲何？何種栽培方式較佳？如何降低生產成本？如何提高作物品質、一致性及產量？甚麼作物最耗工？如何計算？甚麼作物最佔空間？如何計算？甚麼作物最耗時？如何計算？可承受之最高損失率爲若干？一年內所應種植之作物種類爲何？選擇種植之作物應種多少爲最佳？

## 決策支援資訊系統之模組化結構

欲回答前述各種問題，吾人從以下五大方向著手：包括：結構／環控(Struc- ture/Environment Control)，作物生產(Crop Production)，內部配置／物料運搬(Layout Design/Material Handling)，勞力使用／資源分配(Labor utiliza- tion/Resource Allocation)及工程經濟(Engineering Economics)。依上述五大方向發展的決策支援資訊系統以模組化的方式組成；從功能上區分可分爲資訊性模組及功能性模組。各模組之程式名稱及功能簡述請參考Fang, et al., 1992a與b 二文，在此不予贅述。此些模組化程式同時申請有美國的智慧財產權 (Fang and Ting, 1990)。

資訊性模組包括作物資料庫，設備與運搬工時資料庫及內部配置(Layout)模組。作物資料庫提供不同作物之相關資訊，如生產所需之材料及能源成本、不同時期所需之空間及工人數，以及所預測之利潤等。設備與運搬工時資料庫，提供不同設備與不同組合之運搬相關資訊；另外尚有程式以協助使用者決定如何選擇不同的機械設備。配置(Layout)模組提供使用者一有用的工具以決定在給定尺寸的一個或多個溫室中使用何種尺寸的台架 (bench)爲最佳。此模組同時提議一統一的方法來表示不同的溫室內部配置情形(Fang, *et al.*, 1992a)。

功能性模組包括使用者界面程式模組，模擬模組，最佳化模組，

工程設計模組及經濟效益分析模組。所謂使用者界面程式模組即指處理各資料庫之模組程式，譬如作物模組程式則允許使用者進入相關之資料庫，以計算各種作物在不同時期下，其所需之空間、時間與勞動人力。同時並可執行邊際利潤之運算以及準備未來進行最佳化過程中，其所需之生產時間表檔案。

模擬模組可用來研究溫室內部物料運搬的情形、勞工、設備與配置的關係等。運搬的瓶頸可在電腦螢幕上實際看到，各系統參考的統計分析結果，譬如工作人員及機器的使用率，工人工作時間，機器是否待工，總共操作時間等諸多涉及的因子，皆能加以記錄，分析並直接顯示在螢幕上，由這些獲得的資料吾人能夠對機器、工作人員以及溫室內部配置情形的相互關係作進一步的研究(Fang, *et al.*, 1990 b)。

最佳化模組程式之主要功能則有：(1)執行個案研究，亦即決定一個生產計劃之可行性；(2)解決最佳化之問題，亦即決定在最大利潤狀況下，需生產之作物數量。一個生產系統之可行性是以檢驗其是否滿足限制條件爲基準。經過最佳化之運算可找出可行之最佳方案。最佳化之目標即在於如何使一年爲週期之生產能獲得最大利潤( Fang, et al., 1990a)。

工程設計模組主要針對各個個案之研究，包括：(1)溫室加熱、通風系統之設計；(2)以機器手行種苗移植工作區間之規劃與設計；(3)溫室內部配置規劃與使用可移動式台架之最佳規格設計以及(4)相變材料在溫室環控之利用，可行性評估與模擬；等(Fang, 1989, Ting, *et al.*, 1990, Ting and Fang, 1991)。

工程經濟模組則具有以下之功能：(1)就現有之溫室設備或未來提出之計畫作個案分析；(2)對選擇性之作業進行敏感度分析；(3)就輸入之某特定參數在特定範圍下，進行其影響分析；(4)使投資之風險分析

更爲容易；(5)可與其它技術性模式，如作物生產系統、環境控制、溫室之自動化與機械化等合併研究；(6)在系統之最佳化過程中，可提供一種估算目標函數之量化方法(Ting, *et al.*, 1989)。

## 模 組 整 合

前已提及溫室決策者所面對的問題其涉及之層面是既廣且深，欲發展單一程式以解決所有疑問殊屬不可能。是以本決策支援資訊系統之發展係以問題爲導向；各相關模組可以併用以因應各不同個案。與溫室內部配置相關之模組可用來規劃內部配置以期空間利用率達最高，運搬路徑爲最短，作業環境爲最安全。作物相關資料庫及模組不僅存有基本資料更可用來進行成本分析。內部配置與運搬設備相關模組可用來進行勞力使用規劃務期人力資源之使用爲最有效率。將內部配置、運搬設備與作物相關模組連結，即可用來研究整個溫室相關之內部作業情形。吾人可模擬其內部之物料運搬情形，規劃人力及其它資源之配置，短程之每日操作、中程之每週、每月作業、以致於長程之每年規劃等，皆可透過各相關模組之組合來達成。投資報酬的分析更是重要的一環，無論是栽培方法的更改，作物栽培成本、售價之波折，能源種類之更換，不同被覆資材，不同環控或運搬設備等，儘管此些變動通常是牽一髮而動全身，吾人可使用工程經濟分析模組配合相關的技術性模組來分析此些變動對整體的溫室系統而言其影響爲何，此些變動是否可行？是否不可避免、如何因應？風險爲何？貸款是否可行？可接受的利率爲何？凡此種種皆可由使用組合的模組來求得答案。

## 模組整合之應用實例－ 溫室生產所需資源的最佳配置

方等人(1990a)研究如何使溫室作物生產系統在有限的資源下達到最佳的經濟效益。在此所謂有限的資源包括作物生產時間表、溫室

內可用的生產空間、可用的人力、可用的活動資金以及市場之容量。欲求得最佳配置，所需之決策支援包括作物資料庫、使用者界面以及最佳化模組。資料庫中收集了34種溫室每月常見盆栽作物所需的資源及操作成本，決策者可透過使用者界面輸入或修改適當之值並計算各作物的總支出、總收益、以及生產邊際值(growth margin)等。生產邊際值是該作物在溫室中佔1㎡的空間停留1週時間的總回收值 ($/㎡-week)，此值可作爲一初始指標以決定各作物的經濟效益。決策者可再使用最佳化程式模組首先決定某生產計劃的可行性再決定該年內各作物的產量以達最大利益。

## 結　　論

這是個資訊的時代，然而資訊需要經過處理才能成爲知識，光資訊並不足以成事。事實上太多未經處理的資訊反而容易造成困擾。良好的資訊來源配合有效的處理、運用，將能對決策分析者有很大的助益。近年來，社會、經濟與科技的發展使得環控農業變得更複雜。就溫室而言，是否有整體化的設計與管理變得非常的重要，這常常是其企業成敗的關鍵。由於某部分的改變通常會影響到其他部份，正所謂牽一髮而動全身，是以一定要應用系統分析的技術以整體的眼光來處理相關資訊以求得某問題的改善或解決。

本決策支援資訊系統之應用，可簡單歸納爲以下數點：(1)可作爲資訊之來源：各資料庫儲存了大量的資料，可隨時提供諮尋；(2)可作爲建立規劃、設計所需籃圖之依據；(3)可提供各相關作業之操作指南；(4)可對某投資案或任何有別於前之作業方式進行可行性評估；(5)可作爲研究／教學／訓練之絕佳工具。電腦的應用已日益普及，由於其具備大量儲存資訊並作快速計算的能力使得其成爲針對大型、複雜的系統作系統分析的最佳工具，這也是我們發展決策支援資訊系統的理念。

剩下來的挑戰應是如何將此決策支援資訊系統交(教)給使用者以及教導使用者如何求得各模組所需的基本資料。畢竟此決策支援資訊系統採用的基本資料爲荷蘭及美國的研究成果。軟體的架構可以不變，但欲求適用於本省，本土的基本資料是絕對必要的。

## 參 考 文 獻

1. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1992a. Greenhouse Layout Design and Labor Planning. ASAE paper No. 924071.

2. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli.1992b. Computer Software development for Greenhouse design and management. 4th International Conference on Computers in Agricultural Extension Programs. ASAE publication 1-92: 274-279.

3. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1990a. Optimizing Resource Allocation for Greenhouse Potted Plant Production. Transactions of the ASAE, 33(4): 1377-1382.

4. Fang, W., K.C. Ting and G.A. Giacomelli. 1990b. Animated Simulation of Greenhouse Internal Transport using SIMAN/CINEMA. Transactions of the ASAE, 33(1): 336-340.

5. Fang, W. and K.C. Ting. 1990. Decision Support for Integrated Greenhouse Production System. United States Copyright Office. Registration Number 422-841.

6. Fang, W. 1989. Strategic Planning Through Modeling of Greenhouse Production Systems. Unpublished Ph.D. dissertation, Rutgers - The State University of New Jersey, New Brunswick, NJ.

7. Giacomelli, G.A., W. Fang, K.C. Ting and Peter van Weel. 1990. Defining Internal Transport Systems in Greenhouses. Acta Horticulturae 295:

233-241.

8. Giacomelli, G.A., W. Fang, and K.C. Ting. 1989. Behavior of Internal Transport System for Potted Plant Production. The XXIII International Horticutural Congress, Firenze, Italy, August 27 - Sept.1, Abstract No. 2343.

9. Ting, K.C. and W. Fang. 1991. Engineering Economics of SCARA Robot-Based plug Transplanting Workcell. ASAE paper No. 917026.

10. Ting, K. C., W. Fang and G. A. Giacomelli. 1991a. Decision Support for Integrated Greenhouse Production Systems. Horticulture-New Technologies and Applications, Proceedings of the International Seminar on New Frontiers in Horticulture, Bangalore, India. J. Prakash and R.L.M. Pierik (ed.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands: 293-298.

11. Ting, K.C., W. Fang and G.A. Giacomelli. 1991b. Decision Support Software for Integrated Greenhouse Production Systems. International Seminar on New Frontiers in Horticulture, Bangalore, India.

12. Ting, K.C., Y Yang and W. Fang. 1990. Stochastic Modeling of Robotic Workcell for Seedling Plug Transplanting. ASAE paper No. 90-1539.

13. Ting, K. C., J. Dijkstra, W. Fang and M. Giniger. 1989. Engineering Economy of Controlled Environment for Greenhouse Production. Transactions of the ASAE, 32(3):1018-1022.

# GENESIS 監控系統之介紹

吳 世 偉

康晉宇宙公司

現今在工業界中系統整合的觀念是相當熱門的話題，究其所指係將不同領域的技術(包括電子、電機、資訊及環境科學等)，透過不同的介面將各種設備(包括硬體、軟體、通訊、傳輸等)加以整合，來達到某種特定的需求。而在去年底，在桃園改良場所舉行的〝園藝作物自動化育苗移植研討會〞中，對美國羅格斯大學丁冠中博士曾提及在溫室中應用機械化、自動化與電腦化作生產的概念及可行性。更鑑於國內農業主管機關、研究單位及大學爲使農業能持續維持發展及繼續生存，勢必要朝向自動化生產的方向皆有所共識。這與工業界中系統整會的觀念不謀而合。因此溫室環控技術的研究皆基於此而發展。

近年來由於電腦硬體及軟體的快速發展，電腦能產生狀態報表、搜集資訊及快速提供決策支援；從而自動驅使機械做工，節省勞力，提高生產效率。而在溫室生產的過程當中，作物的生長環境如能作嚴密的控制，進而確保生產品質的一致性，作物產質自然提高。爲達到此一目的非利用電腦的自動認知、判別、資訊交換及決策擬定的能力，方能有所成效。

GENESIS是一套電腦監控系統軟體，原本爲一工業界的產品，它能在工業產品的製造過程中，作嚴密的生產控制，並能收集資訊提供作決策者改進產品的參考。相對於應用在溫室環境控制上，對於溫室生產者而言，利用其具有決策支緩的特性，配合作物生長的模

式，加上硬體(如精密的感測器、升降溫設備、輔助光源及遮蔭設施等)的設置，必能生產出如〝工業級〞般的作物。而對於研究者而言，可利用其收集資訊的能力，用以設計整體溫室結構、評估各種環境因素對作物的影響，以了解植物生長特性。

誠然，要達到上述的目的也有其他的軟體能作到。但是 Genesis 是使用眾所熟悉的個人電腦來操作，而且提供了頗其親合力的人機介面(例如以圖形來作操作狀態的顯示)及開放式的設計空間。這不論對實際溫室使用者或研究者而言，卻保留了相當大的彈性及發展空間。而且它如即手可得的商用軟體，省卻了自己發展系統軟體的時間。

# 穀物加工廠控制與感測技術之介紹

# Introduction to the technology of control and sensor in rice processing plants

周 瑞 仁
臺灣大學農機系

## 中 文 摘 要

自動化加工廠和傳統舊式加工廠最大的不同在於不必親臨各項加工設備現場操作監督，只須坐鎮監控中心即可了解全廠動態，而且監控中心的控制器可按事先設定的加工程序自動完成任務，因此自動化工廠的整體運作完全在於監控中心的掌握之中。

稻穀加工流程主要包括過磅、測量含水率、米質檢定、乾燥、礱穀、精米、包裝等程序，其中乾燥、礱穀與精米過程還包括有集塵與集殼之作業，而稻穀在任何階段之處理，如有必要可以先行儲藏起來，日後再作後續處理。監控中心之所以能夠完成這些程序的監視與控制雙重任務，主要是在這些設備上裝置適當的感測器，而這些感測器將訊號傳回監控中心的可程式控制器，並將其狀態顯示在監控電腦或監控面板上，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊號之狀

態或數值，完成監控之目的。

不同的自動化系統本身的差異性很大，不過基本的設計原則卻是一致的，爲了因應未來系統擴充或變動的需求，設計時應力求彈性化、可程式化和模組化；爲了整合不同廠牌的各式設備儀器，相容性是最基本的要求，而要能夠相容就必需要介面、訊號標準化，因此標準的制定對自動化未來的發展是非常重要的工作；自動化工廠的投資金額相當龐大，動輒上億，而且現場人員很少，若有意外發生，不易引起注意，往往造成不可彌補的損失，所以自動安全防護系統的設置極爲必要；另外完整的維護與操作手冊更是不可或缺的。因爲農業自動化與工業自動化系統的特質不盡相同，設計農業自動化系統需將農業環境及生物特性一併考慮在內，才能達到預期的效果。

就目前台灣社會發展的情況來看，農業自動化的推動是必然的趨勢，如何結合現有的人力、物力和財力，妥善的規畫基礎與應用研究，使農業自動化落實生根，爲當務之急。

## 英 文 摘 要

An operator in a control room is able to surpervise the operations of an entire plant without going to shop floors. This is the main difference between automatic processing plants and conventional plants. A controller in the control room accomplishes the task preset according to processing procedures. Therefore all the activities of the automatic processing plant are in the charge of the control room.

The post-harvest processes of rice include mainly weighing, moisture content measuring, quality testing, drying,

husking, polishing and packing, etc. Among them, the collection of dust and husk is required in the processes of drying, husking and polishing. Also, rice might be stored for a period of time in any stage of processes if necessary, and then be processed subsequently. To achieve the purpose of both monitoring and control, a programmable logic controller (PLC) in the control room decides the signal output based on the logic and arithmetic operations of input signals from the sensors implemented in process equipments.

Different automatic systems vary in their functions. However the basic principles for their design are similar. To be expandable or modified in the future, it is necessary to be fexible, programmable and modular in design; compatibility is the basic requirements for integrating all equipments with different types or brands together. In order to be compatible, signals and interfaces must be standardized. Therefore the establishment of standard is an important work for agricultural automation. An automatic plant is usually costly. With very few operators in the shop floor, it will cause enormous loss if any accident happens. Therefore Automatic Safety Systems are essential. Complete maintenance and operation manuals are very important for the instruction of operation, maintenance and repair. The essence of agricultural automation is different from industrial automation. To achieve expected results, both agricultural environments and biological properties should be taken into consideration in the stage of designing and planning.

As far as the current development of the society in Taiwan is concerned, it is inevitable to promote the agricultural automation. The most important thing for consolidating the agricultural automation is to integrate available manpowers, facilities and finance for mapping out both basic and applied researches.

## 一、前　　言

近年來由於農村勞力不足並有逐漸老化的趨勢，於是政府自民國七十九年起大力推動農業自動化，以解決勞力短缺的問題，同時藉以達到農業升級之目標。台灣每年生產水稻200萬公噸左右，除部份稻穀外銷之外，其餘均在國內自行加工儲藏，因此談到農業自動化，稻穀收購管理與加工自動化成爲首要重點。

## 二、稻穀加工之作業程序

稻穀自收購、乾燥以至於精米包裝完成，通常需要經過如圖一及圖二所示之流程：過磅、測量含水率、米質檢定、乾燥、礱穀、精米、包裝等程序，其中乾燥、礱穀與精米過程還包括有集塵與集殼之作業，而稻穀在任何階段之處理，如有必要可以先行儲藏起來，日後再作後續處理〔１〕。

## 三、稻穀加工自動化系統之架構

稻穀加工自動化系統如圖三所示可簡單分爲兩區，即稻穀收購區及稻穀加工區。

稻穀收購區內之管理系統如圖四可以根據農民代號或姓名，從資料庫裡叫出農民基本資料與收購相關資料，再加上數位磅秤與含水率測定計傳來的重量和含水率之資料，自動計算出農民繳穀所得，扣除加工處理費用後，經由農會信用部將應付款項存入農民存款帳戶，並可產生交易憑單或稻穀檢驗報告。同時藉由電腦處理，可作統計分析並列印報表以供決策和管理之參考。

稻穀加工區內之可程式控制器收集來自各個感測器之訊號，並將狀態顯示在監控電腦上，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊

號之狀態或數值，完成監視與控制雙重目的。隨著國民生活水準的提高，食品的口味逐漸受到重視，因此米質分級也漸形重要，樣品乾燥機與全自動檢定裝置爲建立米質分級之工具，由其鑑定之結果直接輸入收購管理電腦，作爲計價之依據。

## 四、稻穀加工自動化系統

稻穀加工自動化系統和傳統加工廠最大的不同在於不必親臨各項加工設備現場操作，只要待在監控中心即可了解全廠動態，按照事先設定的加工程序自動完成任務，因此自動化系統的整體運作完全在於監控中心的掌握之中。監控中心主要是由可程式控制器、監控電腦或監控面板所構成，由硬體組成的監控面板彈性較差，爲了因應未來流程可能的變動，逐漸有被圖控軟體取代的趨勢，藉著執行已經設計好的圖控軟體，可以了解加工自動化的流程、運轉情形及警報位置如圖五，進而作適當的處置，避免重大災害發生，此外並提供目前系統內部資料庫的現況，可以做整體查看，如有必要可對某些點作細部修改，同時也可將系統狀況繪成趨勢圖，作爲檢討改進之用。不管是監控電腦上圖控畫頁或是監控面板上的狀態多有賴可程式控制器收集來自各個感測器之訊號，將其狀態顯示，同時做邏輯判斷與算術運算，以決定輸出訊號之狀態或數值，完成監視與控制雙重目的。

自動化系統的設計是一項整合性的工程，牽涉的層面很廣，其中任一環節的不當設計，都會影響整個系統的性能與操作成本。根據研究報告指出設計規劃的成本雖只佔總成本的 5%，但設計階段所作的任何決策卻可能影響到日後施工與運作的70%以上之成本，此一觀念，主要强調系統在設計規劃的階段，必需把所有應該考慮的因素，多方詳加考慮與評估，才作最後的定奪，千萬不要抱著走一步算一步的心態，以下僅將設計自動化工廠需要考量的因素列舉出來：

1.可用土地之格局與大小

可用土地之格局與大小會影響設備的擺置方式與流程。土地若過於零散，設備無法集中，物料的傳輸距離與時間相對的提高，除了操作成本增加之外，物料破損的機會也會提高，並可能影響整個流程的順暢；至於建廠的土地則應大小適中，太大是種浪費，太小則需往高處發展，整個結構必需補強，保養維護也較困難。

2.作業程序與功能

自動化最重要的目的是能夠按特定的作業程序”自動”達到預期的功能。因此在招標施工之前工程部門與業者必需充分溝通，對於程序與功能達成共識，並行之文字，以免日後發生爭執糾纏不清。

3.自動化的程度

自動化的程度愈高所需投資的經費也愈多，如何決定自動化的程度以達到最佳的經濟效益，事前必須作詳細的評估，從經濟的觀點來看，或許比較能接受80%的自動化，而不至於花上數十倍的經費去追求剩下的20%，當然自動化的程度和勞力供需，勞資高低與產品的附加價值有很大的關係。

4.經費

經費的多寡直接影響到自動化的程度、系統功能與品質。萬金難求，應選擇技術成熟，風險最小且效益最大的部門逐步進行。

5.系統架構

系統架構是設計整個自動化工廠依循的指南，架構一經確立，更動起來可謂牽一髮而動全身，因此架構的決定，不旦應該考慮目前的需求，同時也應該注意未來的發展。

6.欲監控之訊號點數、種類與額定值

設計規畫時必需考慮欲監視和控制點之性質、總點數與額定值，然後才能決定控制器的能量大小，與將來擴充的可能性。

7.複雜度(維護與操作之難易)

就操作與維修的立場來看，愈簡單愈好，尤其對於農業自動化系統更是如此，過度複雜的系統，操作員及技術員的層次勢必得提高，相對的付出的薪資也必需要高才行，徒然造成額外的開銷。

8.系統或元件之修護性(MTTR)

自動化工廠投資金額龐大，一旦發生故障，停機時間愈久，損失愈大，因此故障時，必須極力爭取修護時機，當然更重要的是系統設計之初，應盡量以能夠縮短修理時間的設計爲著眼。

9.系統或元件之可靠性(MTBF;MTTF)

自動化工廠是整體性的系統，其中少數元件或小部分系統故障，往往造成整個系統停擺，因此施工時所採用之元件或次系統必須注意其可靠度。對可修護產品，平均故障間隔(MEAN TIME BETWEEN FAILURES，MTBF)常用來作爲元件或次系統可靠度的指標；而平均故障壽命(MEAN TIME TO FAILURES，MTTF) 則常用來作爲不可修護產品可靠度的指標，採購時可當參考。

10.經濟效益

生產事業必須能夠賺錢才行，虧本生意維持不久，因此經濟效益的考量應列爲重點。

11.安全防護：

自動化工廠的投資金額相當龐大，動輒上億，而且現場人員很少，若有意外發生，不易引起注意，所以自動安全防護系統的設置極爲必要。

不同的自動化系統本身的差異性很大，不過基本的設計原則卻是一致的，如：爲了因應未來系統擴充或變動的需求，應力求彈性化、可程式化和模組化；爲了整合不同廠牌的各式設備儀器，相容性是最基本的要求，而要能夠相容就必需要介面、訊號標準化，因此標準化是未來非常重要的趨勢；另外完整的維護與操作手冊更是不可或缺。特將一般自動化系統設計的原則條列如下作爲參考：

1.彈　性(Flexible)：

爲了可供日後擴充或修改，系統應以彈性設計爲原則。而彈性系統之設計牽涉到系統或元件可程式化、模組化以及標準化的程度。

2.可程式性(Programmable)：

過去自動化工廠的發展主要目的用在量產上，隨著人們生活水準的提高，對產品的品味及要求也日漸增加，因此產品不但傾向多樣化，而且在市場上的生命期也漸漸縮短，以往固定生產線的型式已不再適用，代之而起的是彈性自動化的設計。就彈性系統的設計，一般而言軟體要比硬體來得有彈性，這就是軟體的可程式性高的緣固。目前自動化工廠多採用電腦或可程式控制器的控制方式，主要著眼於它們的可程式性。

3.模組化(Modular)：

爲了可供日後擴充或拆裝任何單元之方便以及維修速度的考量，元件之設計與製造應具模組化。

4.標準化(Standaredized)：

介面、訊號標準化是彈性與模組化的基本要求，系統與系統之間爲了能夠彼此連接，不同品牌型號元件彼此換用，物理上外觀尺寸與型式必需要相符；傳遞的內容，即訊號，也必需要相同

才能夠彼此互相溝通。

5.準確性(Accurate)：

系統能夠依照設定值準確的運轉，才能達到預期的品質。例如乾燥機上穀物含水率測定計的準確與否關係著乾燥速率與時間是否恰當；碾穀機滾輪之間隙關係著碾穀的品質。

6.穩定性(Stable)：

唯有穩定的系統才能確保穩定的產品品質，在台灣高濕又高溫的氣候下，加上穀物加工廠內充斥著粉塵、噪音、振動的工作環境，爲了保証系統的穩定，所有儀控設備須能耐高溫、潮濕、粉塵、噪音和振動等，尤其是在操作現場之設備元件更應具備這些特性。一般現場之電子設備須設置保護箱，以防潮濕及粉塵。而控制室須提供足夠的空氣調節設備，並保持正壓，以避免不潔氣體進入。

7.容錯性(Fault Tolerant)：

對於重要部份之控制除了至由主控制器控制之外，在經費許可下，如能有備份控制器備用，萬一主控制器發生故障，可以自動切換到備份控制器，由備份控制器可以取而代之，或是由一套以上功能相同之軟體程式做雙重查核，避免異常狀況發生當機或失去控制的機率。一般而言，電源必須具有備份，而

8.親和性(Friendly)：

軟體首要簡便、易學易懂，且須提供每種操作之簡易說明以及參數之意義，對固定值參數須有選擇性輸入的功能，而所有實用之參數必須有預設值(Default value)，不須由使用者輸入。

9.安全性(Safe)：

爲了預防重要的加工設備損壞與危險發生，必須有安全偵測

設施與連鎖裝置的設計(Interlocking)，工廠加工設備之操作變數大於或小於設定值時，控制室將發出警報，並顯示警報的出處與原因，必要時得自動停機。凡屬危險機械設備類者或法規規定須持有使用執照者，必須依程序申請使用執照。對於系統之操作須有鑰匙鎖定(Key lock)與密碼(Password)雙重保護，以防止人爲蓄意破壞。

10.經濟性(Cost Effective)

依經濟效益決定自動化的程度，並能提供具體的分析數據，明列在招標技術規範上，如：操作人員以控制室一人，現場一人之設計；每日平均產能及單位能源消耗量。設計時應朝能源有效利用與回收之方向設計。

11.文件化(Documentary)

需提供中文版操作、維護及保養手冊，並能提供完善的操作、維修及規畫之訓練。

近年來在自動化系統當中，應用頗多的可程式控制器(PLC)，即根據上列原則設計出來的產品，其與傳統繼電器及計算機之比較如表1和表 2。

農業自動化與工業自動化系統的特質不盡相同，設計農業自動化系統應將農業環境及生物特性一併考慮在內，才能達到預期的效果，舉例來說：由於收穫期(在同一地區)及濕穀的保藏期甚短，爲了處理短期內湧入的大量濕穀，以延長保藏期，使其不易腐壞，必需盡速與予乾燥，因此乾燥機的台數需配合收穫的總稻穀量來規劃和設計，惟過了收穫期之後，乾燥機往往就閒置在那裡，所以一般而言乾燥系統的使用率要比礱穀、精米與包裝系統來得短。爲了解決這方面的問題，可以考慮先將收穫後的濕穀一次乾燥到18%～20%左右，延長保藏期

到相當程度，置於儲存設備內，等一次乾燥全部完成之後，再做二次乾燥，將含水率降到約15%～13%左右。如此一來，不但可以減少乾燥設備的投資，提高乾燥系統的使用率〔4〕，而且可以提升米質。

爲了落實稻穀加工自動化，特選定大甲鎭、後龍鎭與新營市三處農會，實地規劃、設計並建立完成稻穀加工自動化系統，大甲鎭及後龍鎭農會之工廠爲一傳統機械式工廠，自動化系統之建立，主要工作在於單機控制系統之改裝，訊號輸入、輸出、連線與監控之整體規劃、設計和施工以及軟體之撰寫。新營市農會之稻穀處理工廠從規劃、設計以至於施工均以建立一新式自動化工廠爲目標，在機具選擇與流程規劃上以能達到自動化系統設計爲原則。

台大農機系爲了協助農會人員瞭解稻穀處理自動化系統之概念，提供現場操作人員技術訓練，並測試即將安裝在農會現場之系統元件，以確保工程品質，特別設置一套〝稻穀處理自動化模擬與測試系統〞。

## 五、決標與驗收的注意事項

以目前國內較具規模之自動化公司的自動化技術，來設計一套高效率高品質的穀物加工自動化系統，理論上不成問題，問題往往在於溝通不良，認知上有差異等人爲因素所造成。以一位農業背景的從業人員來參與農業自動化系統的設計與規劃，除了必需注意上述提到的因素之外，在最後招標驗收階段往往是決定系統好壞的關鍵，對此提出幾點招標時必須明列之項目供作參考：

1.描述工程的範圍、功能、加工流程。

2.提出工程設計詳細之計畫書。

3.分項明列設備、元件、材料及其廠牌型號。

4.列出主要工程進度表。

5.保證項目、期限與賠償條件。

6.完工後系統所需操作人員之數量及其工作性質(職責)。

7.人員之訓練及操作維修手冊。

8.填寫審標項目核對表(如附表)。

把所有權責行諸文字，可以減少將來的爭執與糾紛。

## 六、結　　論

一套成功的自動化系統，在於周密的規劃與設計，以及嚴格的施工品質管制。完善的稻穀收購管理暨加工自動化系統，不但可以解決昂貴的工資與勞力不足的問題，同時可以提供一個較爲舒適而安全的工作環境，以吸引年青朋友投入農業產業，共同爲農業升級而努力。

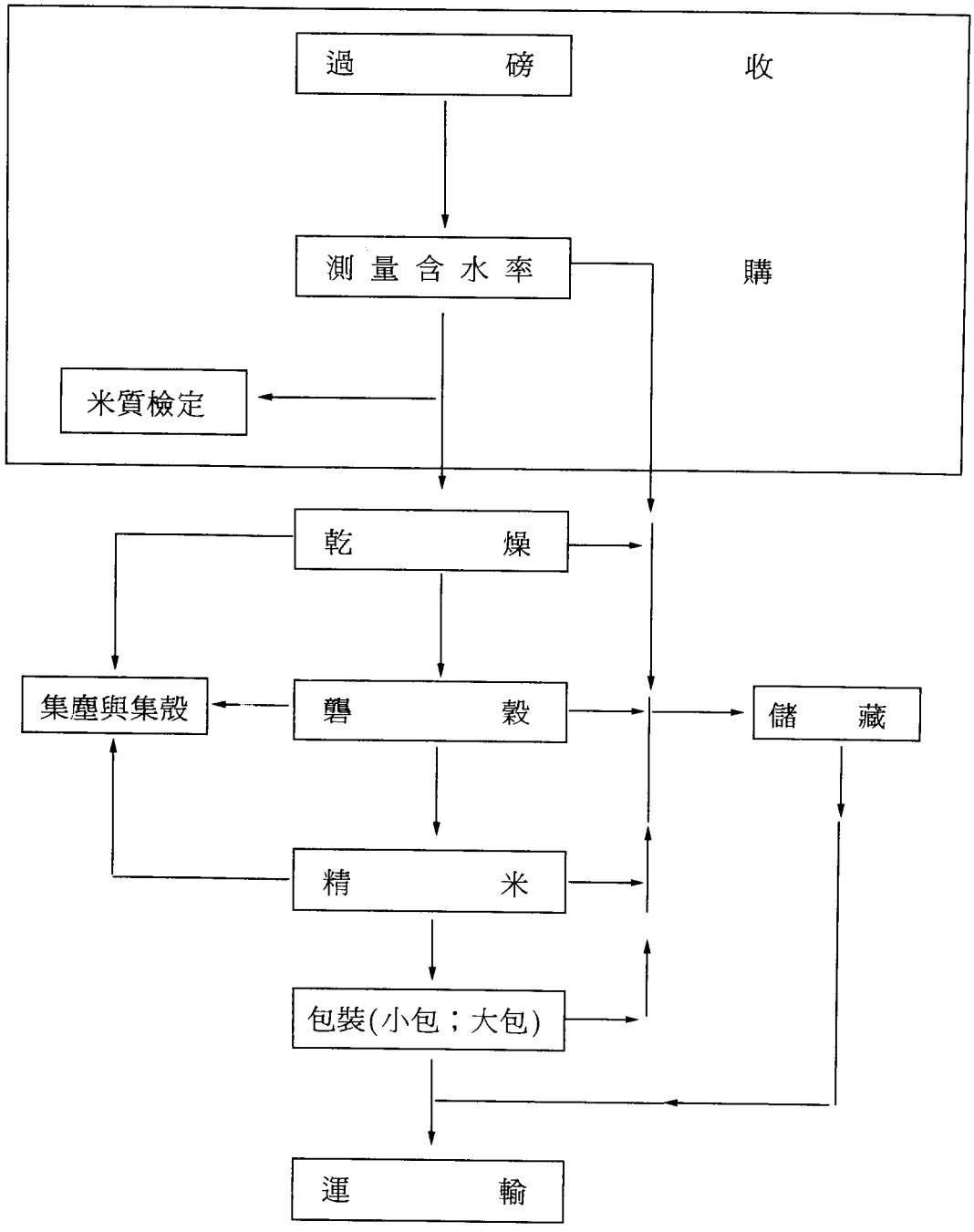
## 七、參考資料

1.”稻米加工自動化技術研討會講義”，農委會降低稻米製銷成本技術服務團、國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所與財團法人農業機械化研究發展中心編印，民國八十一年六月二十五日。

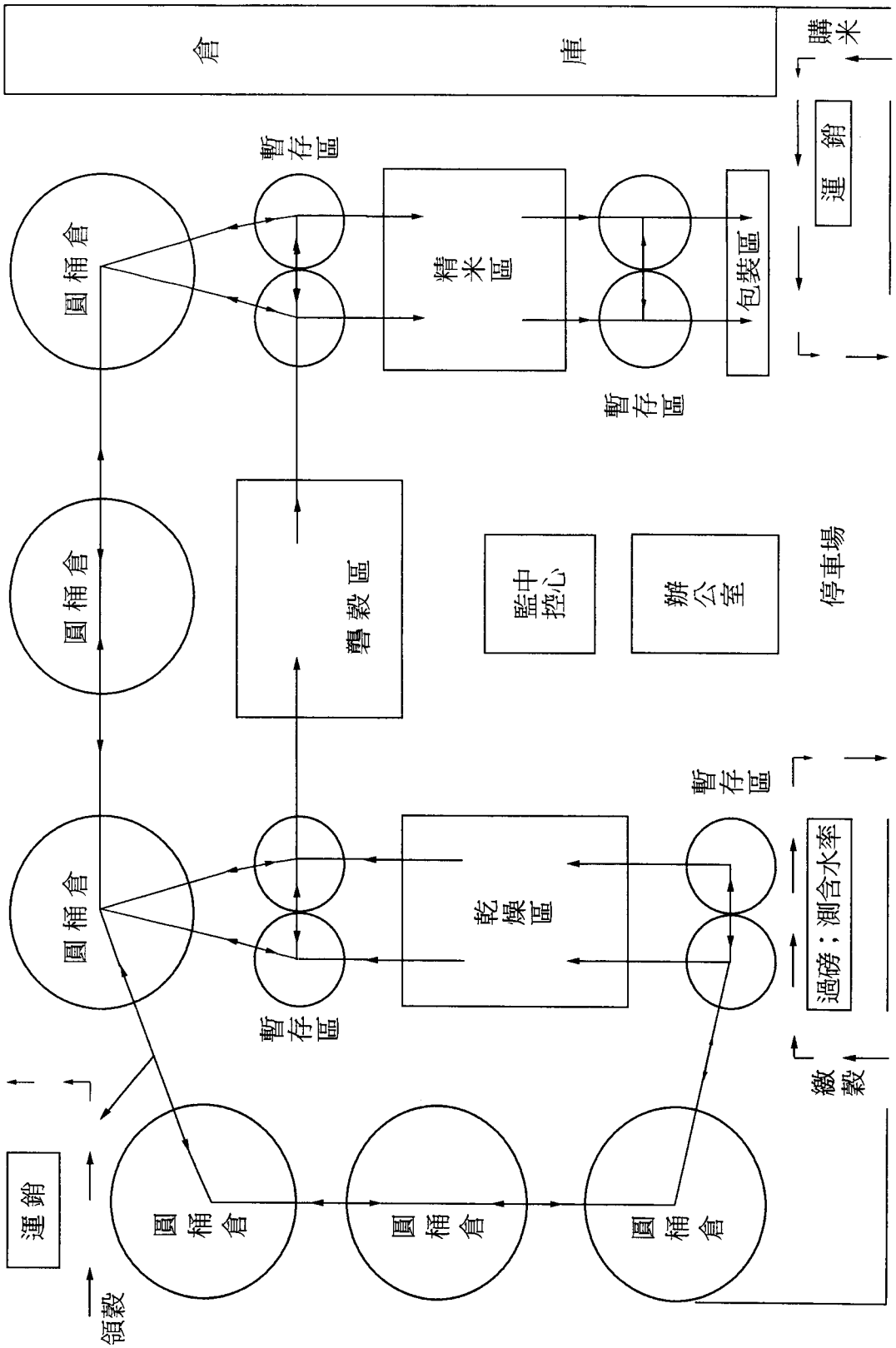
2.”臺灣大學農機系稻米收購與加工自動化作業交易與管理報表系統暨圖控操作手冊”，國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所，民國八十年一月二十二日。

3.”臺灣大學農機系稻米收購與加工自動化作業交易與管理報表系統暨圖控維護手冊”，國立臺灣大學農業機械工程學系暨研究所，民國八十年一月二十二日。

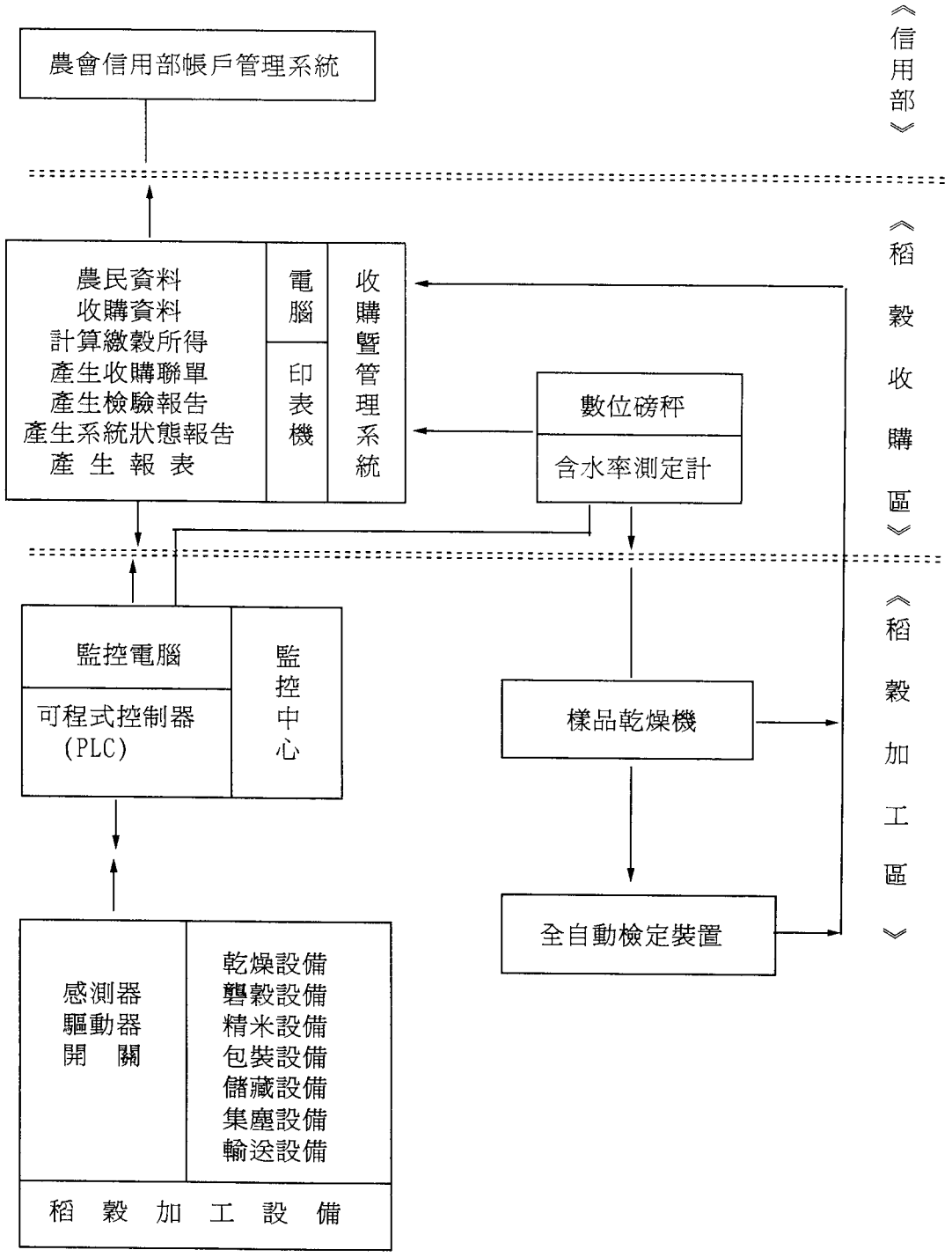
4.周瑞仁，”穀物收穫後處理電腦整合系統之動態模擬”，國科會研究計畫 NCS 81-04422-E-002-07 報告。



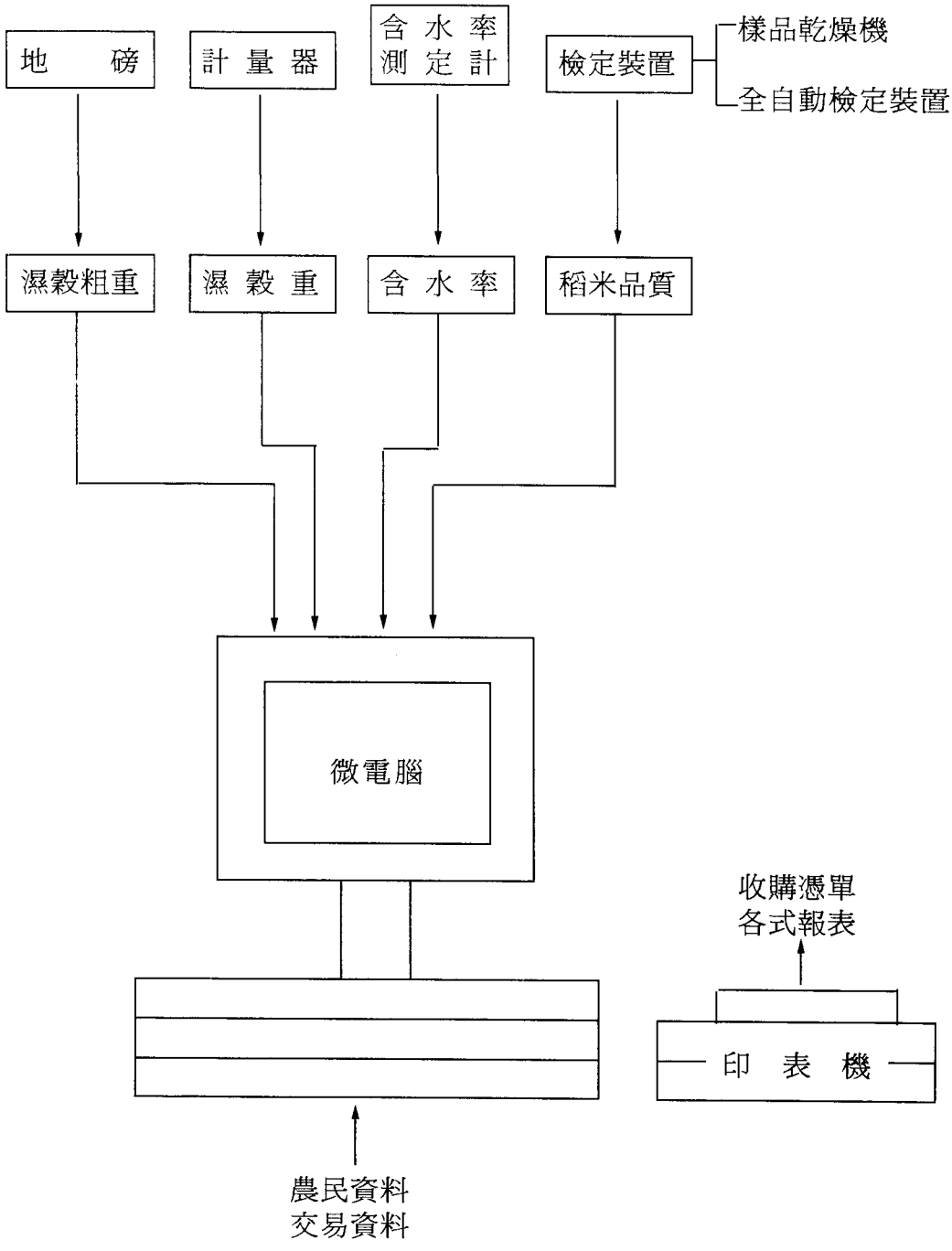

圖一：稻穀加工作業之程序


倉
庫
購米
運銷
暫存區
圓桶倉
精米區
包裝區
暫存區
運銷
圓桶倉
舊穀區
監中控心
辦公室
停車場
圓桶倉
暫存區
乾燥區
暫存區
過磅；測含水率
繳穀
運銷
領穀
圓桶倉
圓桶倉
圓桶倉

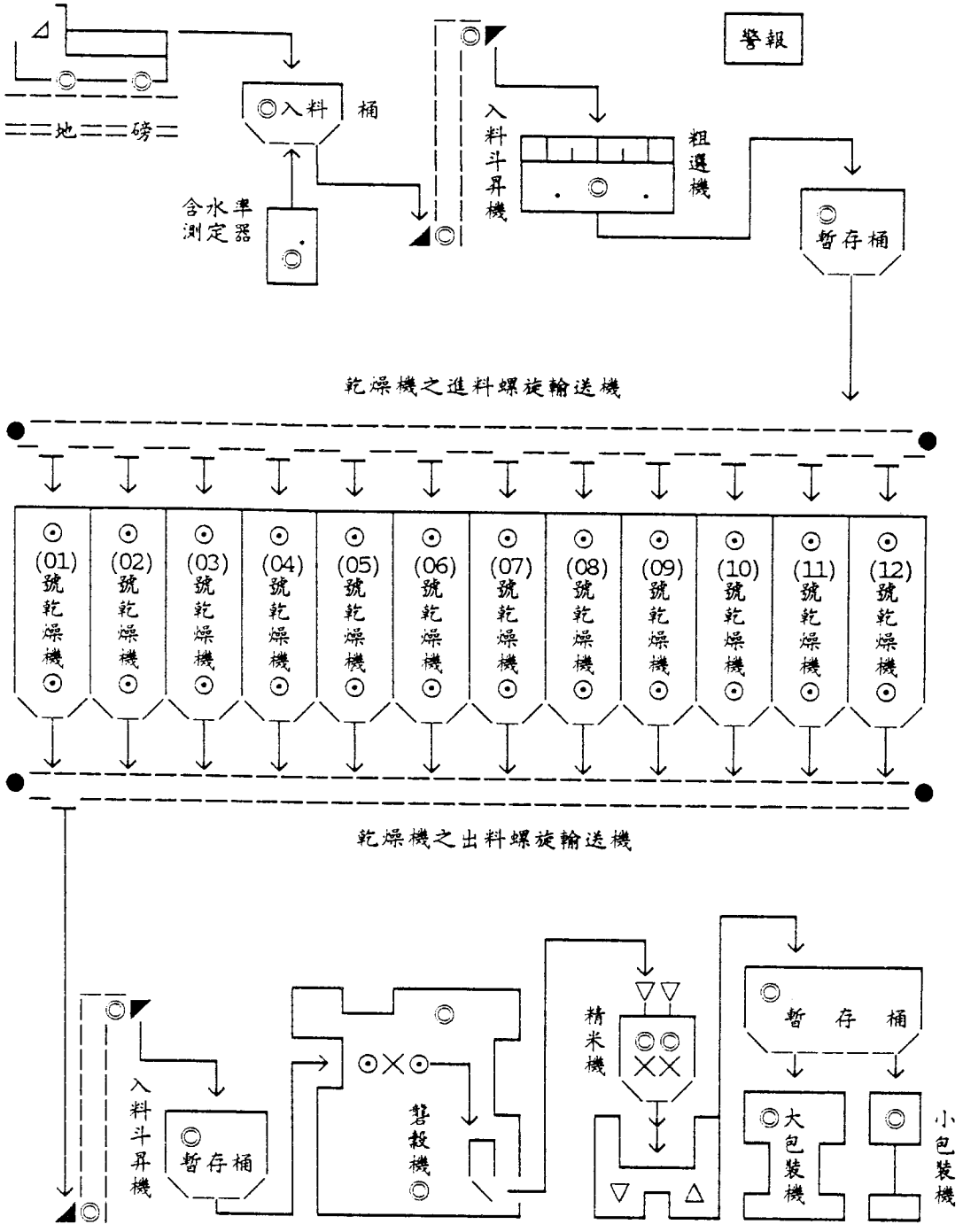
圖二




**圖三：稻穀加工自動化系統之架構**


地　磅
計 量 器
含 水 率
測 定 計
檢定裝置
樣品乾燥機
全自動檢定裝置
濕穀粗重
濕 穀 重
含 水 率
稻米品質
微電腦
收購憑單
各式報表
印　表　機
農民資料
交易資料

**圖四：稻穀收購系統結構**




圖五：稻穀加工自動化系統流程監控

**表1. 可程式控制器與繼電器之比較**

| 可程式控制器 | 繼電器 | 使用可程式控制器的優點 |
|---|---|---|
| 1.輸出與輸入關係－控制邏輯，由軟體程式決定。 | 輸出與輸入關係－控制邏輯，由硬體配線決定。 | 彈性的控制邏輯；適應未來的成長。 |
| 2.硬體部份以模組化設計。 | 硬體配線不具模組化設計。 | 具彈性，日後輸出入信號與控制邏輯的擴充、變更與維修容易，且按裝迅速，MTTR短。 |
| 3.可與電腦連線。 | 無法與電腦連線。 | 可作資料的收集與處理。 |
| 4.控制線路與邏輯和系統狀態可由印表機列印。 | 控制線路與邏輯和系統狀態需由人工記錄繪圖。 | 省時、省事 |
| 5.具備通訊網路功能。 | 長距離配線。 | 查線與維修容易，且配線費用較爲低廉。 |
| 6.具自動診斷功能， | 不具自動診斷功能， | 安裝、試車、維護與錯誤診斷時間短而徹底，(MTTR短)。 |

**表2. 可程式控制器與計算機之比較**

| | 可程式控制器 | 計算機 | 使用可程式控制器的優點 |
|---|---|---|---|
| 語言 | 階梯圖語言<br>布林代號<br>功能方塊圖<br>英文陳述 | 一般電腦語言(BASIC FORTRAN,C, ASSEMBLY etc.) | 與傳統控制圖形類似，無語言隔閡，學習簡單，具備控制指令，計時計數指令，算術及邏輯運算指令，資料搬移與位元處理指令等 |
| 偵錯 | 燈號顯示 | 程式檢驗 | 易於監視、除錯 |
| 用途 | 爲控制而設計 | 一般用途(資料處理) | 可在惡劣環境下工作 |
| 介面 | 依I/O訊號種類與規格，廠商提供各種介面模組 | 另外設計 | 以最少的時間與精神，取得自己所需的硬體系統設備 |
| 系統裝配 | 簡單、方便、迅速 | 用於控制，需具備電腦專業知識加以改裝 | 適合控制之需要 |
| 維護 | 模組化的設計 | 不是模組化的設計，需特殊技術 | 簡單 |
| 人機溝通 | 操作上較爲直接 | 需加改裝或加寫軟體 | 就控制而言，較爲親善 |

# 綜 合 討 論

**陳加忠：**

各位女士，各位先生，這節綜合討論我們以問題討論的方式進行，這兩天研習會的內容與有關此溫室環控與自動感測之主題都可以在此加以討論：

**王琍琦(花卉輸出公會)問：**

參加此兩天研討會，我有一個感覺，所做之研究是屬於關門做學問，並沒有關心產量，學與產已脫節，因我面對產業，因此我關心是產業，這樣東西好不好用，要花多少錢才可以用，沒有人談到要設備這些東西要花多少錢？除了研究發展，最重要是要推展到田間使用，因此我想成本是十分重要，請黃東瑞先生就實際應用，告訴大家以300坪溫室需要多少設備成本？包括設備與人才訓練費用。

**黃東瑞先生(台糖研究所)答：**

我有兩套系統，第一套系統爲溫室環控系統，溫室爲三易公司建造，每坪一萬五仟元左右，結構完全本土化，風扇進口，濕牆，內外screen，天窗都有。電腦系統買自台灣，目前所用是旭青電腦，也有工業級電腦，若不是工業級，四萬元即可買到486 ，工業級可能要加倍。整套電腦合 UPS, Printer，電腦桌，各介面板加總起來共九萬元左右。

整個控制箱，每個控制箱可管四棟溫室，四棟溫室約三十萬元，包括連線工資，八棟溫室三十六萬，十六棟溫室四十五萬元。

第二個系統花期調節部份，一千平方米在大林糖廠是165萬，十

二床冷凍床，六套活動架，保証經年開花。

**陳世銘(台大農機系)問：**

一萬五仟一坪之溫室是否包含內部設備，如植床？

**黃東瑞(台糖研究所)答：**

都有。

**侯宗助(三易公司)答：**

有關黃先生之溫室造價，三易蓋溫室已十幾年了，蓋溫室一般以一千平方公尺爲單位，一坪一萬五仟元是蠻合理之價格，溫室架構包括天窗，外網，內網，植床等。此價格爲最經濟價格，其他則依地點遠近，施工難易而定，溫室其他配備因使用者需求而不同，三易公司已朝向如荷蘭溫室之標準化前進，我們碰到之問題在於市場不穩定，有”大小月”存在，如公家機關大多在3～4月施工，5～6月驗收，而7月至農曆年間則十分清淡。以目前農業之經濟型態也不敢期盼農民蓋得起精密溫室，這也是我們經營問題。

**黃東瑞(台糖研究所)補充：**

溫室結構如果標準化，施工也標準化，價格可以再降低。

**高復國(工研院能資所)問：**

每坪一萬伍仟元，有否包括地基。

**侯宗助(三易公司)答：**

有包括地基。

**王琍琦(花卉輸出公會)問：**

我認爲產業的問題比較多，談到精密型溫室，一般草花業者，幾

乎沒有能力蓋此種溫室，我與侯先生談過，是否能透過管道與農政單位溝通，已有許多經費用以補助農業。若台灣農業非走向精緻農業不可，但我們農民沒有能力負擔此興建費用，除非年青業者，能計算產值。能預估未來的收益。能賺錢的產業我們已有構想，因此是否能透過管道而得到適當之補助款，使溫室在短時間內推廣出來。另一個意見，以台灣目前業者使用大多數精密型溫室，面積小，約十幾坪，只種國蘭，研究人員設計的環控系統能否適用這種小溫室？

**陳加忠(農試所)答：**

對第二個問題而言，溫室愈小，愈好控制，愈能精密。對第一個問題補助方面，藉由此座談記錄以向上反映。另一方面，希望能有另外的座談會，討論台灣花卉與適用溫室之問題。

**黃東瑞(台糖研究所)：**

小面積經營利潤有限，必須有足夠之資金，本大則利也大。要本大，希望政府提供力量支持。

**施昭彰(農試所)：**

我本身對設施也有興趣，做研究可不計成本，要找出一套系統最容易使用，最好控制。但是若提供農民使用，別必須考慮成本，所以研究最大的問題在於整合，如何把最好的系統整合給農民使用，另外一點，農民必須重新定義，不能如同以往農民，層次不高，缺乏資金，未來農民必須吸收資金，把握市場。而農業設施與感測系統有其需求性，值得開發。

**王鼎盛(台大農工系)補充：**

我教有關溫室課程已很久了，每次有人問我建溫室問題，我一定問爲何要建溫室？條件是什麼？在全省二十二種溫室環境調查中，發

現貴的溫室不見得好，實際上有許多便宜的溫室可適用。控制方面，在台灣氣候下，我十分反對動不動就建溫室。在補助方面，在政府補助之前，農民要充實這方面之知識，不一定要非常昂貴的溫室，例如風扇，只要進出口風向正確效果十分良好，花卉在日照方面，台灣從南到北，不論東西向，南北向都沒大差別。

**陳加忠(農試所)：**

因爲此就研討會準備時間十分倉促，邀請參加的人員不十分周全，希望以後有類似之研討會繼續舉辦，而也希望有另一個更大的座談會，能充份的討論有關產業與溫室環控之配合問題。

**方緯(台大農機系)：**

我在此有個建議，學術界的東西與產業之需要都有一段距離，但是這不是能避免，學術界與產業者可以結合，產業界能否列出來心目中所要的環控到底是什麼東西？有一些產業界朋友告訴我目前是需要只是控制溫室溫濕度，也不需要全自動，半自動即可，因此或許一個控制箱，幾個開關，三、四萬就可滿足了，控制理論十分複雜，有時後ON／OFF 控制以足夠用了，因此希望產業界告訴學術界，最需要是什麼？

**王琍琦(花卉輸出公會)答：**

現在所談的環控，對我們而言都是需要，溫、濕度、光照都十分重要，例如二氧化碳即是栽種之限制因子，而主要在於成本問題，若溫室成本固定而產值能增加很多，農民可以接受。

**梁亞忠(台大森林系)：**

我有一個建議，能否編列如漫畫之簡易讀物，介紹農業自動化如溫室環控之概念。

植物之生理特性，和工業界工廠現場相差很大，不是純學工程之人所能瞭解，植物生理業者知道在何種條件下有利生產，但他無法達到此條件。對簡單便捷之控制方式或許就十分適用，以森林系苗圃灌溉爲例，增加簡單之時間控制加電磁閥即可達到良好效果。經費也少。

**陳加忠(農試所)答：**

行政院科際顧問室已開始從事農業自動化名同的彙編工作，目的即是介紹此自動化概念。

**葉陶淵(量測中心)：**

今天能由工業界領域跳到農業界，聆聽農業界之問題，以工業界角色看此問題，主持人陳博士做到了把工業界引進農業界，使工業界之控制，量測技術介紹給農業界。因而勉勵繼續努力再創農業奇蹟。由研討會中得知農業界人才並不亞於工業界。要如何永續經營，都要配合協調溝通，二十一世紀即是人活在精緻化時代，即需要配合溝通，在此前題下，產業界可以把自己需要出提出，然後與業界，透過行政體系，對農改政策擬定加以建議，例如如溫室小辭典之文宣推廣工作。使更多人更知道我們掌握的根源，在那裡，我也呼籲大家互相配合，互相溝通，而不是批評而已。從發現問題，發揮技術，再發展產業，對產業都是有幫助的。

**陳世銘(台大農機系)：**

針對有關教育方面，我做一個補充，台灣教育制度與美國有點不同，在大學眞正有三種責任，一個是教學，一個研究，一個是推廣，過去台灣的大學只有教育與研究，推廣大部份都落在改良場身上，這點現在有所改變，教育部在大學農學院裡面都設有推廣教授，每個學校都有一些名額爲推廣教授，目的把學術界研究結果裡面，可應用之成果推廣出來。學術之結果也可能是高深理論，或許有很多公式，推

廣教授之任務即是將此學問變爲一般人所能接受的事情。另外學術界研究的東西，如在美國並不是做非常實際的東西，可能 5年，10年或20年以後的事情，將來可能有那些東西需要，現在要先做，否則以後需要時再做就來不及了，眞正實際的東西，都是業者在做。台灣的情況不一樣，所以學術界除了要做遠程，也要做近程的，所以大學壓力也很大，即使做出來，也不一定永遠有用的。研究的結果可能好用，可能不好用，可能便宜，也可能不便宜，但是現階段不便宜並不代表不能用，可能以後生產，降低成本，例如有些溫室材質適合環控需求，目前十分昂貴，但也可能以後變的十分便宜適用，因此學術界遠近程目標要兼顧，而目標需要業者提供方向，想像將來要什麼情形。以製藥爲例，平均一百種專利，不到一個專利變成眞正可以用，其他99個並不代表浪費，可能製藥所用材料現階段不容易，昂貴，但未來可能因材料而馬上改觀。

**侯宗助(三易公司)：**

陳教授所提遠程之目標，事實上也是我們溫室公司的困擾，如三易公司之經營方式，根本沒有能力從事R&D，第一人才不好找，爲二沒有額外之預算，因此如何做到產官學合作是十分重。廠商是可以分擔一些近程的目標，學界之成果可以透過產業來進行，透過商業行爲容易做彈性發揮，我們經營到現在，不論自國外引進學到技術，或國內本土化之開發都需要配合。未來趨勢走向精緻化，園藝設施的需求與遠景是看好的，因而我們碰到的問題是未來政府如何來補助，做政策性的扶植此產業？做了五、六年公家工作，感覺政府有點在打馬乎眼，各單位丟一百，丟兩百到各單位做研究，而沒有辦法像荷蘭有整體性之規畫，通通有餅，事實上大家都吃不飽，重點在那些有潛力，而加以重點輔導。分散後覺得無法發揮功能，何不把微薄預算有計畫的下功夫做研究，遠程的目標或許打高空，而近程的目標如何變成可

用的技術？談到溫室環境控制，依我經驗最普偏還是控制器(cont ー rolloer)，電腦我認爲農民的程度無法普偏使用，依目前需求電腦，都是學校，改良場的一些單位，以量而言，對農民以IC控制器就足夠適用。溫室設備以我們經驗要有企業化經營，蓋兩三百坪都要深思熟慮，蓋下去都是昂貴投資，而近期內所蓋清波農農場的 4千平方公尺溫室，目前運作欠缺的即是電腦，大面積溫室必須有電腦幫助管理，如設備維護，如灌溉作業，都需要電腦。目前台灣蝴蝶蘭兩大生產農場一是台糖，一是清波農場，我認爲清波農場目前是賺錢的，潛力與業務量大，品質、數量都能兼顧，因此我覺得溫室設備應該由企業經營，與省工兩方面著手。兩天的討論，都是針對未來的目標，而近程之目標應是如何結合產官學，以現有之技術馬上商品化以加惠農民。

**張恒睿(工研院機械所)：**

我曾在自動化小組工作，農業自動化計畫之規畫我都有參預，因此不太同意三易公司侯先生計畫分散之看法，自動化計畫除規畫，也經常檢討、評估，計畫本身十分集中。到目前，計畫還是有個目標在執行，並不是分散，而研究結果否可行，也需要時間加以驗証。

**翁沼晨(龍潭農工)：**

溫室在台灣的問題是夏天熱累積，能否不做溫室，用古老之泥土結構如隧道式，利用上頭開天窗引入陽光，可能可避免熱累積，光線穿透可以以鏡面反射用電腦控制，以生產耐陰性之作物。

**王鼎盛(台大農工系)：**

因植物之需要不同，不見得都是弱光性。所以作物需要陽光，又需要涼冷，這是辦不到，溫室若不需要太多陽光，問題就容易解決了。

**郭孚耀(台中改良場)：**

我本來做溫室栽培已有一段時間，溫室所利用自高緯度地區之精密溫室至簡易之遮雨棚都不相同，而要用到感測與環控技術之機率是相當小的。但目前對我們研究人員有極大的幫助。

今天所討論的話題是本土化，而我也建議要有一個世界觀，所開發的技術也可視爲一個產業，也可希望進入國際市場。

**盛中德(興大農機系)：**

溫室環控與感測技術本與而言是溫室之利用設備，對產業而言，如同肥料，種子是支持產業的部份工具，此產業以花卉爲例，而花實在太多種類了，而溫室設計到底是爲了何種花卉至今我仍不瞭解，設計環控的人可使適用溫度範圍大，投入設備多，可精密。而眞正做環控，感測研究的人實在不多，因此建議下次如果還有機會開座談會，來討論確定產業生產的花卉，確定其生長適當範圍，而這些需要不同科際的人共同討論，換言之，要生產什麼，產業方向的花卉是什麼？

第二，研究人員實在不多，又重疊，又分散，如何互相交流溝通，例如工研院之量測技術，都可加以交流，今天研討會即很希望能供一個機會，由各種領域的人互相討論，搭起一座橋樑，結合力量。

**陳加忠(農試所)：**

花卉輸出公會能否擔任召集座談會之工作？

**李仍亮(花卉輸出公會)：**

我們很樂意且想辦法加以推行。

**王琍琦(花卉輸出公會)：**

我想補充有關問題，如何整合產業界。花卉輸出公會除了負責花

卉輸出拓展之外，另外在國內如何發掘有力產品可跟國外競爭，台灣農業除了花卉，沒有第二條路了，但是很可憐，花卉仍在傳統型態上打轉，不出三年，進口值與出口值就成負字了，今年出口量值比進口值多一點點，GATT加入，市場開放，花農更慘，除了蝴蝶蘭之外，仍有其他花卉。花卉生產需要設施，除了便宜，仍要兼顧抗颱風的堅固性。業者之間，我們也在選擇適當之花卉來栽培，而台灣的另一問題是小地主多，台糖土地又多又好，能否提供給產業利用，以拯救花卉界，花卉我們已選好，而就是沒有土地種，我過去在種苗場待了 5 年，離開將近10年，而看到研究經費的分配都是50萬，100萬的分配，無法起作用。針對產業，令人焦心極了。

**陳文輝(台糖研究所)問：**

請問花卉輸出公會是否已選出來台灣好的花卉？

**王琍琦(花卉輸出公會)：**

我們不敢說選出都是好的，但也選了幾種，目前重點在蘭花方面選文心蘭，在切花選定菊花，唐菖蒲，在小面積新興切花選了百合，洋桔梗。特有本土化作物選定金花石蒜、一葉蘭。這些並不完整力但都是重點，雖然面積不大，若設施能發展，這兩種作物是很有潛力的。

**陳文輝(台糖研究所)：**

花卉已定出來，可供農機界參考，至於台糖是否能提供土地是個好建議，目前政府資料有10%成長，要維持成長要自強，不能自強則自取滅亡。產業在國際上能競爭，一定要量化，要減低成本，品質要好，成本要低，在此希望輸出公會能幫助業者開拓市場，參加農業自動化的深入感受，溫室環控技術可以像荷蘭一樣好，但是能不能像荷蘭賺錢，這就是問題，問題在於相關技術沒有上來，需要資金，需要人才，台灣不是沒有技術，而是沒有根，市場太小了，農業自動化即

要使技術生根。

另外，在產業方面，台灣最大的是菊花，唐昌蒲，還有百合，目前這三花卉目前需要的設施是什麼？是不是業者可加以提出，使農工人員能針對此三個作物需求條件加以研究？

**王琍琦(花卉輸出公會)：**

土地問題不能解決，沒有辦法大規畫種植。

**陳文輝(台糖研究所)：**

台糖有個政策，可與生產糖廠訂約 5年的租期，可找溪湖糖場陳場長，他們有條文可租用土地，租約可相當長。

**張文宏(台大農機系)：**

我個人意見如下：台灣農民都很聽話，而專家太多，不知道何者爲正確，農民配合意念高，但要告訴他們怎樣才賺錢。

**張恒睿(工研院機研所)：**

報告有關工業自動化的問題，工業自動化是由工業累積上來，在工業界也成立自動化工程服務隊，成立有關服務工作，機械所也很樂意協助農業，但機械所很難獨立申請一個計畫，因此是否能以配合方式執行計畫，協助自動化問題，使我們有機會配合各位。

**陳世銘(台大農機系)：**

剛才花卉輸出公會提到之花卉作物，園藝學者能否告訴我們自種子或種球生長至收穫所需要之栽培條件，生長環境。

**張祖亮(台大園藝系)**

在產業未穩定之前，我的意見在於環境控制條件保留彈性，不要固定太死，另一個問題是我們在需求控制材料時，不知道去那裡找尋？

農業界之精密度不需畏加同工業界那麼精密，農作物本身的調節作用，對溫度不必太敏感，工業界好用，精密的設備對農業而言是太昂貴了，所以能否有人建立資料，提供服務，告訴農業者如何買到好用又便宜的設備，包括規格、售價，何處去買？

**侯宗助(三易公司)補充：**

我同意工研院張先生的說法，五年自動化計畫之規畫，執行都是十分集中，在此做一番澄清，而剛才所談一百，兩百之經費是說明農業政策缺少方向。溫室的設計與作物之需求是因種類，環境不同而不同，精密溫室並不是萬能的，在成本與使用性能要有一個平衡點。

例如花卉輸出公會王先生提到之一些草花，事實上只要遮雨，必要時再遮個陽光，此種溫室成本都不高，我們碰到的問題在於溫室不能量產之問題，十坪、百坪的面積與數千坪之面積在施工人力，材料方面無法相比。而溫室因作物而異，事實上不必一定要用一坪一萬五仟元的溫室。

**陳加忠(農試所)結論：**

謝謝大家的意見和講評。因時間限制，座談會在此告一段落，也謝謝大家參加此研究會。

# 研討會參加名單

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 行政院農業委員會農產科 | 李廣武 | 鄒瑞珍 | 李春進 | 張日成 |
| 行政院科技顧組 | 呂美玲 | | | |
| 國科會生物處 | 連錦昆 | | | |
| 台灣省政府農林廳 | 林俊彥 | 李蒼郎 | 謝水來 | 陳吉雄 |
| | 陳起祥 | 陳信言 | 魏芳明 | 林明仁 |
| | 林義恭 | 林學正 | | |
| 台灣大學農機系 | 馮丁樹 | 陳世銘 | 方　緯 | 周瑞仁 |
| | 孔祥琴 | 田秉才 | 吳中興 | 張文宏 |
| | 陳乃菁 | 呂昆忠 | | |
| 台灣大學園藝系 | 張祖亮 | 李　哖 | 張育森 | 連程翔 |
| | 阮兩成 | | | |
| 台灣大學農工系 | 王鼎盛 | 簡榮宏 | 林尙祺 | |
| 台灣大學森林系 | 郭幸榮 | 梁亞忠 | | |
| 中興大學農機系 | 謝廣文 | 黃錫泉 | 林聖泉 | 阮助明 |
| | 彭錦樵 | 李芳繁 | 陳澤民 | 尤瓊琦 |
| | 陳俊明 | 雷鵬魁 | 盛中德 | 欒家敏 |
| 中興大學園藝系 | 王才義 | 林深林 | | |
| 屏東技術學院農園系 | 王均琍 | | | |
| 嘉義農專農機科 | 艾　群 | 黃清旺 | 黃文祿 | 林慶福 |
| 宜蘭農工專農機科 | 陳錫金 | 潘仁健 | | |
| 宜蘭農工專園藝系 | 張鋼鎚 | 黃秀眞 | | |
| 宜蘭農工專土木科 | 周立强 | | | |
| 台糖研究所 | 黃東瑞 | 簡銘宏 | 潘清樂 | 陳文輝 |
| 台糖公司訓練中心 | 高振順 | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 亞蔬中心 | 陳農哲 | 陳正次 | 張連宗 | 金仁傑 |
| | 程新珺 | 黃呈文 | 杜騰勝 | 阮育奇 |
| 工研院量測中心 | 葉陶淵 | 詹國鴻 | 林義芳 | |
| 工研院能資所 | 顏文治 | 李浩銓 | 吳威毅 | 徐瑞鍾 |
| | 李立中 | 高復國 | 郭儒家 | |
| 工研院機研所 | 溫光傅 | 張恒睿 | | |
| 花卉發展協會 | 劉智惠 | | | |
| 花卉輸出公會 | 黃麗娟 | 王琍琦 | 李仍亮 | |
| 桃園區農業改良場 | 張金發 | 邱銀珍 | 傅仰人 | |
| 台中區農業改良場 | 高德錚 | 郭孚燿 | 陳令錫 | 許謙信 |
| 台南區農業改良場 | 鄭榮瑞 | 黃錫屏 | 宋勳 | 林應彬 |
| 高雄區農業改良場 | 游景昌 | 楊文振 | | |
| 台東區農業改良場 | 羅聖賢 | 蘇炳鐸 | | |
| 台灣省種苗改良繁殖場 | 黃泮宮 | 薛佑光 | | |
| 農試所園藝系 | 曹幸之 | 施昭彰 | 林瑞松 | 蕭宏昌 |
| | 黃銘暉 | 歐錫坤 | 楊偉正 | 凌千里 |
| | 向爲民 | 施淑芬 | 楊純 | 王怡汀 |
| | 施馨媄 | | | |
| 農試所農工系 | 梁連勝 | 蔡致榮 | 蔡金川 | |
| | 陳加忠 | 陸龍虎 | 邱相文 | |
| | 曹之祖 | 曾妙合 | 林明玉 | |
| | 譚奇才 | 徐春嬌 | | |
| | 黃悅眞 | 黃照明 | | |
| | 林瑞泉 | 林靜 | | |
| 農試所農場室 | 賴吉雄 | 陳志昇 | 陳邦華 | |
| | 江正享 | | | |
| 農試所植病系 | 彭金騰 | 張義璋 | 謝廷芳 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 鳳山熱帶園藝試驗分所 | 沈再發 | 許淼淼 | 鄭光進 | 張賢明 |
| 宜蘭縣政府 | 賴恬熙 | | | |
| 基隆市政府 | 郭振枝 | | | |
| 台北縣政府 | 林旺水 | | | |
| 苗栗縣政府 | 劉政哲 | | | |
| 彰化縣政府 | 蔡令謙 | | | |
| 台南縣政府 | 王國樑 | | | |
| 台南市農會 | 施辰東 | | | |
| 桃園農工 | 詹俊明 | | | |
| 台中高農 | 吳恒雄 | | | |
| 苗栗農工 | 謝學源 | 沈和成 | | |
| 龍潭農工 | 翁沼晨 | | | |
| 霧峰農工 | 陳國濱 | 林豐隆 | | |
| 秀水高工 | 徐文法 | | | |
| 後龍鎮農會 | 鄭漢池 | | | |
| 西螺鎮農會 | 程金色 | | | |
| 玉井鄉農會 | 張平山 | | | |
| 埔里鎮農會 | 詹文榮 | 陳得時 | 黃秀蘭 | |
| 豐年社 | 黃貴豪 | | | |
| 興農雜誌社 | 蔡慧眞 | | | |
| 農藥世界雜誌社 | 謝秀娟 | | | |
| 康宙科技公司 | 吳世偉 | | | |
| 三易公司 | 侯宗助 | 吳東霖 | | |
| 青葉農場 | 彭桶生 | | | |
| 新高生物 | 趙弘彥 | 羅源椿 | 莊惠美 | |
| 大久有限公司 | 黃登專 | | | |

溫室環控自動感測技術研討會專刊

發 行 人：杜金池
編審委員：陳加忠
執行編輯：陳加忠
主 編 者：陳加忠
出 版 者：臺灣省農業試驗所
台中縣霧峰鄉中正路189號
(04)3302301
承 印 者：寶成電腦文字排版坊
台中市東區建成路300號
(04)2130862

中華民國八十一年十二月出版　　非賣品

ISBN 957-00-1547-0