

溫網室

搭建要點 與 抗風措施

行政院農業委員會 臺南區農業改良場 編印

中華民國 108 年 10 月



溫網室

搭建
要點

與

抗風
措施



溫網室是設施栽培的基本元素，從簡易改善環境到高度環境控制均能提高作物品質增加農民收益，雲嘉南地區設施栽培相當普及；然而一般栽培者，對溫網室之建造及使用材質並不清楚，實有必要出版淺顯易懂的入門書籍。加上蘇迪勒颱風及梅姬颱風對雲嘉南設施的破壞，同仁前往現場輔導，更深感到若能增加農民對設施結構的了解，便能降低農民的損失。

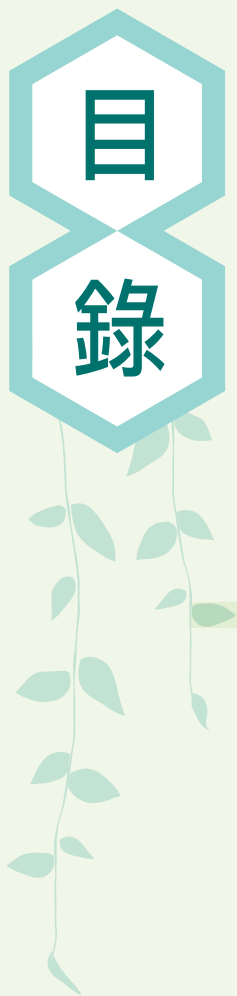
在近年來氣候劇烈變化、天然災害頻繁發生的影響下，露天栽培直接承受天候變化而影響生產，致使設施農業逐漸受到重視，因此溫網室設施如雨後春筍般快速擴散開來。但2015年蘇迪勒颱風重創南臺灣，農業設施損失達金額2億5,834萬元；2016年尼伯特、莫蘭蒂及梅姬颱風接連襲擊下，臺灣農業再度承受重大損失，根據行政院農業委員會統計，分別造成農業損失9,899萬元、1億1,102萬元及1億3,820萬元。無形的損失還包括菜價波動影響民生消費、設施復原重建材料短缺、農民對設施農業產生疑慮等。為此農委會成立技術服務及研究團隊，積極從災損中釐清技術缺口，並輔導搭建更經濟實用之設施。農委會為鼓勵農民興建抗颱風耐用的「強固型溫網室」，公佈9種強固型溫網室標準圖樣供農民選用。近年來本場積極輔導溫網室設施的建置，多方蒐集相關資料，並從過往的經驗中理解、分析改善之道。

本專刊請場內農業機械的專家執筆介紹溫網室建造及建造的注意事項，鍾瑞永課長及中興大學黃裕益教授收集分析溫網室破壞原因及補強防颱，楊清富博士主筆溫網室降溫及批覆資材選擇，富有創意的李健介紹溫度與濕度量測，而最新進的王志瑋協助許多章節的內容，感謝農機團隊的努力，籌劃兩年的溫網室建造實用技術與方法的專刊完成付梓，期待對溫網室栽培者有所助益。

行政院農業委員會臺南區農業改良場

場長 鄭榮瑞 謹識

中華民國108年10月



前 言.....	4
1. 基本溫網室必要及常用組件..... 楊清富	5
1.1 溫室基礎設計	5
1.2 溫室通風、加溫系統	7
1.3 蒸發冷卻.....	10
1.4 溫室捲簾及遮蔭網系統	12
1.5 溫室電力系統	14
2. 常用溫網室構造及合理跨距與高度..... 黃裕益、王志瑋、鍾瑞永	22
2.1 簡易塑膠布溫室	22
2.2 加強型溫室	29
2.3 水平棚架網室	31
3. 溫網室通風降溫設計及要點	楊清富 33
3.1 溫室通風量設計原則	33
3.2 自然通風設計原則	33
3.3 強制通風設計原則	34
3.4 內循環風扇型式及安裝	34
4. 批覆資材安裝注意事項或標準作業程序..... 楊清富	36
4.1 塑膠被覆材料之物理性能	36
4.2 溫室常用塑膠被覆材料之規格及特性	38
4.3 防蟲網選擇依據	39
4.4 常用防蟲網材料及規格	39
4.5 塑膠被覆材料之安裝與使用要點	40
5. 溫度與濕度監測設備..... 李健	41
5.1 蒸氣壓差與其他氣象參數的重要結合應用	42
5.2 濕度感測器類型	43
5.3 手搖式乾濕球量測驗證	44
6. 塑膠布溫室強風破壞型態..... 黃裕益、王志瑋、鍾瑞永	46
6.1 側面橫向力破壞	46
6.2 山牆面橫向力破壞	46
6.3 上揚力破壞	47
6.4 下降氣流破壞	47
7. 溫網室抗風補強及防颱措施..... 黃裕益、王志瑋、鍾瑞永	49
7.1 加強塑膠布溫室抗風性能的簡易補強措施	49
7.2 塑膠布溫室防颱措施	52
參考文獻.....	54

溫網室

搭建要點 與 抗風措施

前言

近來因颱風、暴雨等異常天候導致蔬果毀損，形成產銷失調之事件，一再的躍昇媒體版面，成為重要話題，甚至被誤導為致使物價上漲之主要元兇。而

全球持續的溫暖化結果，推測此異常氣候將逐年嚴苛，露天栽培的方式可能無法如預期的計畫性耕種、收穫，基於此原因，農民也意向採用網室或無固定基礎的簡易塑膠布溫室等造價較低廉的設施，進行作物栽培。網室基本上僅具防蟲功能，抗風性弱，且暴雨時若室內沒有良好排水措施，自網目孔隙大量滲入的積水也容易造成作物的毀損。簡易塑膠布溫室屋頂使用塑膠布覆蓋，能阻隔雨水，可於室內操作土壤水分管理，暴雨時也較可避免作物受到雨水浸泡，減少損害。

目前使用鋸管塑膠布溫室的比率占總栽培設施面積的大半以上，可說為國內設施園藝生產之主力。此型設施一般採單棟方式栽培，也有部分採用連棟的方式；側面有利用手動捲簾裝置於高溫期可將塑膠布捲起以增加通風，或有僅屋頂部分塑膠布覆蓋，側面防蟲網的溫網式型式。簡易鋸管塑膠布溫室具有下列之優點：

- (1) 可自行施工，簡單的組合及分解。
- (2) 以規格品生產販賣。
- (3) 包括鋼管骨架、夾具、被覆資材等整套販賣。
- (4) 價格便宜。
- (5) 不使用時可自由拆解，保管便利。
- (6) 因應栽培之作物，溫室的棟高、寬度及長度可自由規畫。

簡易鋸管塑膠布溫室因不具固定基礎，重量輕，先天上抗風性較弱，一般風速超過30m/s(約10級風)即容易產生破壞。雖然現況如此，但仍可從構造施工、盡量不增加建造成本的部分簡單構件加強及颱風前的防颱措施等方面，可增強其抗風性。在此，從結構學之觀點，另外部分參考日本設施園藝協會編印之「鋸管塑膠布溫室安全構造指針」，日本渡邊鋼管公司總合目錄及JA全農編印「施設園藝ハウス 自然災害対策マニュアル」等資料，敘述一些加強簡易鋸管塑膠布溫室抗風性的知識，提供業者參考使用。

1 基本溫網室必要及常用組件

1.1 溫室基礎設計

鋼筋混凝土獨立基礎 (圖1.1) 主要應用於溫室立柱基礎，可分為現澆和預製2種方式，採用現澆獨立基礎的設計較多，預製混凝土獨立基礎為工廠預製，養護、運輸等成本較高，應用較少。

獨立基礎在設計施工時，在混凝土柱頂需設置基礎螺栓用於立柱與基礎連接鎖固，此節點為溫室結構與基礎的重要連結位置，由於溫室內環境多潮濕，立柱柱腳易受潮腐蝕，一旦此節點連接強度變差，將不能保障溫室的穩定性。因此，混凝土短柱頂高程應高於室內地坪 (圖1.2)，一般高約300~500mm即可，可根據不同溫室的用途和現場情況而定。正常施工應先進行放樣後挖柱坑，紮綁鋼筋後依尺寸支模板，再澆注混凝土，拆模後分層回填、夯實。但目前基礎短柱大多直接以鍍鋅鋼板 (圖1.2) 或外覆金屬網 (圖1.3) 的方式取代支模施工，不必拆模能提高施工效率。

基礎埋設深度需考慮的

條件包括：

1. 溫室結構類型，有無地下設施，基礎的型式與構造
2. 作用在地基上的荷重大小與性質
3. 土壤地質與水文條件
4. 相鄰溫室的基礎深度

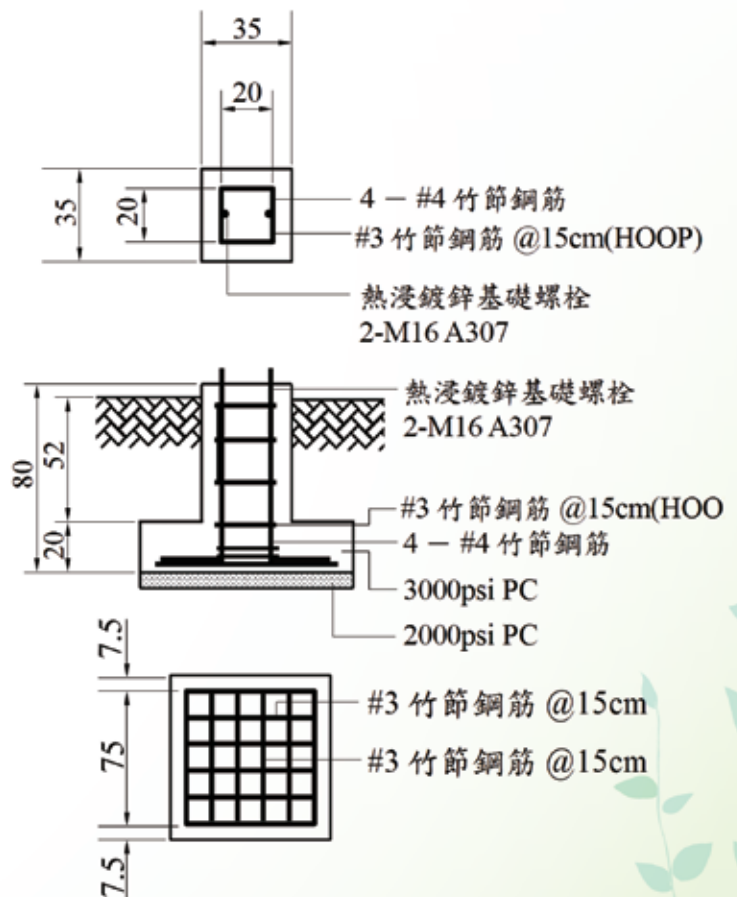


圖1.1 鋼筋混凝土獨立基礎

圖1.2 溫室基礎



溫室基礎除了支撐整個溫室結構的重量、定位柱間位置外。在溫室受到強風襲擊時能夠保全溫室避免遭上拔力拔起，主要是靠基礎抗上拔力將溫室固定在地面。基礎能夠提供的抗上拔力包括：水泥基礎塊體的重量、基礎頂面土壤重量、土壓所造成之摩擦力及土壤附著力，詳細計算如下：



圖1.3 溫室基礎

基礎抗上拔力 (F_u) 計算 (周長吉)

$$F_u = \rho_f V_f + \rho_s V_s + F_F$$

$$F_F = S \left[\rho_s \left(D + \frac{1}{2}H \right) K_0 \tan \Phi + c \right]$$

F_u ：基礎最大上拔力，kN；

ρ_f ：基礎材料的密度，kN/m³；

V_f ：基礎體積，m³；

ρ_s ：土壤密度，kN/m³；

V_s ：基礎頂面以上土壤體積，m³；

S ：基礎側面與土壤摩擦面的面積，m²；

D ：基礎頂面以上土壤的厚度，m；

H ：基礎的高度，m；

K_0 ：水平側壓力係數；

Φ ：土壤剪切阻力角；

C ：附著力，kN/m²。

1.2 溫室通風、加溫系統

溫室通風主要有三種型態：自然通風、強制通風及內循環通風。自然通風 (圖1.4) 主要靠自然力將溫室內的熱空氣排出溫室，這些自然力包括空氣密度差造成的對流，及自然引進外界空氣而將溫室內的熱空氣排出。強制通風 (圖1.5) 則利用風機強制空氣流動達到空氣置換的效果，由於正壓通風較不易達到均勻的通風。因此大部分強制通風均採負壓通風，負壓通風則是利用風機將溫室內的空氣抽排到溫室外，通風均勻性較正壓通風為佳，但若溫室密閉性不佳，除了通風均勻性降低還可能將害蟲吸入溫室中。內循環通風 (圖1.6) 是指在溫室內利用風機驅動溫室內的空氣流動，使溫室內空氣的性質趨於一致，溫室內維持空氣於流動狀態能夠降低結露的現象進而降低病害發生率，近來，內循環通風被廣泛運用在改善溫室內的高濕現象。

亞熱帶地區低溫造成寒害的機率並不高，但在冬季如遇長時間寒流，仍有可能造成嚴重的寒害，因此對於低溫較為敏感的作物，溫室內仍應考慮設置加溫系統。溫室常用的加溫系統主要有兩種型式：通風型加溫機及加溫系統。通風型加溫機主要是靠燃燒化石燃料 (液化石油氣、天然瓦斯、柴油) 產生熱量並透過通風方式將溫室內的空氣加溫。至於加溫系統通常是在溫室內安裝熱水管路，利用熱水鍋爐將水加熱後引入熱水管路，再透過空氣的熱對流將溫室內的空氣逐步加溫。



圖1.4 自然通風



圖1.5 強制通風



圖1.6 內循環通風



圖1.7 通風型加溫機

1.2.1 自然通風

自然通風為設施內、外環境條件差異而產生空氣的自然交換，其中有藉空氣密度差而產生之重力換氣及因外風產生之風壓換氣。在無風或低風速下，空氣進出口高度差與溫差所造成的密度差是室內空氣對流的驅動力。屋頂通風口的面積與位置是室內降溫程度的最大影響因子。通風可降低內部溫度使接近外部空氣溫度，以屋頂與側邊通風孔冷卻溫室的關鍵因子是自然對流的空氣交換率，此交換率係由總通風孔面積、風速與內外空氣間的溫差影響。為了有效冷卻通常推薦相當於地板面積15~30%的總通風孔面積，小於15%或大於30%的通風孔面積，對降溫效果改善有限。防蟲網顯著降低氣流並增加溫室內熱力梯度。

利用自然通風雖可疏解熱累積但降溫效果有限，以臺灣夏季氣溫高達35°C，即使利用自然通風，設施內部溫度仍高於外界溫度約5~20°C。而且在晴朗無風的日子降溫效果更無法彰顯，只有在微風及溫和氣候的春天與秋天時期有用，也只能降低溫室氣溫(2~3°C)，因此特別需低溫的作物通常無法滿足需求。自然通風如藉由暖空氣向上與向外移動，而從側邊或尾端通風孔吸入冷空氣。此系統在冬天、春天與秋天降溫效果較為有效，於夏天降溫效率會受到限制。自然通風雖然無需額外能源支出，但為促進通風需在屋頂或側牆開設通風口，因此溫室結構強度需求更高。

1.2.2 強制通風

強制通風又稱機械通風，是採用通風機械將設施內熱空氣強制排出，強制通風系統中，風扇安裝於溫室之一側，空氣由另一側的通風入口進入，沿途吸熱空氣被不斷加溫，其溫度梯度不應超過4°C。強制通風分為：正壓型及負壓型通風方式，正壓通風係指從溫室外透過

風機將風吹入溫室，而將溫室內原有的空氣推擠出溫室，達成換氣的機制。正壓通風如直接吹向作物可能造成作物損傷或倒伏，由於吹入的氣流通常只侷限在固定的範圍，因此換氣較不均勻，也造成溫室內溫度分布不均。同時由於送風的距離有限，對於較長的溫室通風降溫的效果更差。因此大部分強制通風均採負壓型通風，即利用風扇將溫室內的空氣抽出排放到外界。這種通風型式較容易在溫室內獲得均勻的換氣與溫度分布。因此負壓型通風必須相對提高溫室的氣密性，才能有較好的通風降溫效果，雖然強制通風增加溫室空氣的交換次數，然而夏季由於引進的外界空氣氣溫依然偏高，因此使用強制通風移除密閉溫室內部的空氣，在夏季尖峰時仍不足以降低溫室內部氣溫，而需配合其他降溫措施 (如遮蔭、蒸發冷卻)，才能使溫室內的環境維持在適合作物生長的環境。密閉型設施若能維持每小時90~105次設施等體積之空氣交換速率，則可保持室內溫度僅比室外高出約5~8°C。；開放型設施之降溫極限則相同於外界溫度。臺灣地區之高溫期長達六個月以上，即使設施內部溫度降至與外界溫度相同，對栽培作物而言，其溫度仍然偏高。

1.2.3 內循環通風

內循環風扇在溫室環控上已應用多年。規劃設計與安裝良好的內循環風扇，可提供溫室內維持均勻的氣候條件 (如溫度、相對濕度)。以微小的風量流通於植物的葉片間，可促進蒸散作用，同時可提供作業人員更舒適的環境，配合施藥機械可使得藥劑分布更為均勻。溫室作物之生產區域能夠維持溫度與相對濕度，作物結霜機會降低，病蟲感染的機會減少。雖然內循環風扇可促使溫室內部溫度與相對濕度均勻化，但是對空氣中水分並無影響。內循環風扇之作業原理是提供足夠能源，以克服空氣的摩擦力與擾流。空氣本身具有重量，不容易移動，因此連續均勻的通風比起維持高風量更為重要。若能維持大量空氣以低風速運動，在能源方面更為節省。內循環通風量基本要求是每小時更換1~2倍溫室體積之空氣量。此法雖不具降溫功能，但可使設施內部之溫、濕度及二氧化碳濃度等達到均勻分布之效果。

內循環風扇有三種型式：

空氣平行移動風扇

為目前臺灣地區最廣泛使用的方式，風扇安裝於作物上方，通常風扇直接固定於溫室橫樑上，不會影響地面作業，風扇扇葉或導風罩透過特殊設計能進行長程送風。

塑膠風管

以長條塑膠風管配合軸流風機進行通風。空氣利用風管輸送並由風管上的小孔逸出。可以安裝在半空中，也可在植床下方。引入之空氣可為除濕後的空氣或自外界引入之相對低濕之空氣，特別適用於栽培葉菜與果菜之溫室。

垂直風扇

安裝在作物上方，將溫室上方溫暖空氣向下吹送降低垂直向的溫度梯度，而且消除溫室屋脊區域的高溫累積，可以使得上下空氣更加均勻。

1.3 蒸發冷卻

當水蒸發時，從空氣中帶走熱量，因此降低它的溫度。其原因是空氣的顯熱轉換成為蒸發水的潛熱。在此過程期間，空氣總熱(焓)保持不變，但空氣中的水分含量會增加。透過水蒸發而降低氣溫的方法是溫室內控制溫度與濕度最有效方法。目前使用的蒸發冷卻方法包括風扇水牆(圖1.11)、噴霧系統(圖1.12)與屋頂蒸發冷卻。

1.3.1 風扇水牆系統

水牆之構造係利用溫室一側安裝蜂巢式吸水材料，使流水由上方流下，而溫室另一端則裝置風扇，藉由風扇產生之負壓力使外界空氣通過水牆進入溫室內部。當高溫低溼之外界空氣經過水牆時，部分水蒸發轉為潛熱成為低溫高溼之空氣。臺灣目前精密栽培設施皆採用風扇水牆系統，此降溫系統對設施氣密性之要



圖1.8 空氣平行移動風扇



圖1.9 塑膠風管



圖1.10 垂直風扇



圖1.11 風扇水牆



圖1.12 噴霧降溫

求較高，進入設施之空氣全都經由水牆方能發揮其蒸發冷卻效果，其蒸發冷卻效率約75~85%。水牆厚度增加可提高效率，但亦增加空氣流經之阻力。當風量過大或風速過高時，將減少空氣與水牆之接觸時間，而降低蒸發冷卻效率。此外，水牆之通氣阻抗較大，需要較大容量之通風扇。因此規劃設計時應考量風扇數目、水牆規格及尺寸、供水量與安裝技術。在本地風扇水牆單獨使用內部氣溫可被降低4~6°C，而伴隨遮蔭使用則可降低4~12°C。可滿足80%乾燥夏天狀況溫室的冷卻需求。

風扇水牆安裝及使用注意事項：

1. 水牆應安裝在夏季風向的迎風面，風扇則安裝在另一側。
2. 臺灣地區風扇水牆系統降溫效果約4~6°C，如配合遮蔭網使用降溫效果可達4~12°C。
3. 透過蒸發水牆足以在乾燥天氣狀況下使溫室內部達到可容忍的狀況。但是，沿著溫室通風方向會有顯著的溫度與濕度梯度。
4. 陰雨天、夜間幾乎無法進行降溫。
5. 連續操作與不佳水質會引起水牆逐漸阻塞，因而導致冷卻性能的下降。溫室內部高濕度(水分)也促進微生物的生長，也因此使作物容易致病。

6. 水牆必需適當地維護，鹽分積累與藻類生長是水牆長壽的最大威脅。正確的做法是，每天在日落之前先關閉抽水馬達，維持風扇持續運轉，利用流經之空氣將水牆吹乾後再關閉風扇。
7. 風扇水牆之最佳距離為30~45m。
8. 水牆要連續設置不要有缺口，否則容易形成缺口寬度6~8倍寬之狹長熱帶
9. 水牆配水表面乾溼不均影響效能

1.3.2 噴霧/微霧系統

利用固定式噴頭噴霧再配合適當之通風作業，可使栽培設施內部之溫度低於大氣溫度3~5°C。微霧或煙霧系統以高壓產生小霧滴以冷卻內部空氣，可提供比風扇水牆系統更均勻的溫度分布，而且也提供均勻的高濕度位準。使用昂貴的噴霧器 (foggers) 或噴嘴，經常由於水中存在鹽分而阻塞，也因此降低此系統的工作效率。使用微霧需要水的預處理以防止阻塞，因此也增加系統的操作費用。溫室內部高濕度 (水分) 容易促進微生物的生長，因此使作物更易於致病。當雨季期間外界濕度較高時，此種冷卻方法變得無效。

1.3.3 屋頂灑水或噴霧

將水直接噴灑於設施屋頂，靠水分蒸發帶走潛熱，以降低屋頂溫度，唯應注意水質及未蒸發水之回收利用。

1.4 溫室捲簾及遮蔭網系統

1.4.1 捲簾

捲簾是臺灣溫網室特有的裝置，因地處亞熱帶，溫室需同時兼具保溫、降溫及防雨的功能，捲簾就是在這種特殊需求下的產物。通常在溫室的側牆內側裝設防蟲網，外側再裝設一層能夠捲取的塑膠布。平時可將塑膠布捲收，側牆變成防蟲網能促進通風。遇有保溫或密閉需求時則將外側捲簾放下，捲收的方式有人工及電動捲收兩種，為防止捲簾受風飄動，外側均會設置防飄繩將塑膠布壓靠在側牆上。



圖1.13 捲簾

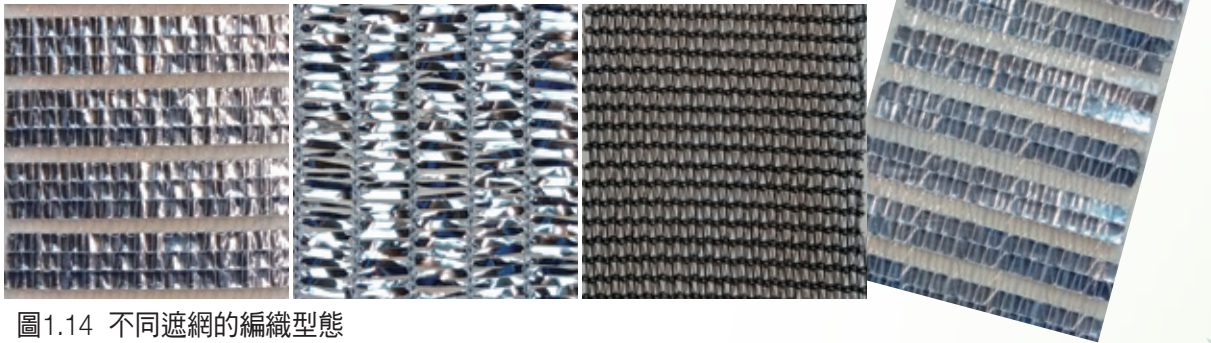


圖1.14 不同遮網的編織型態

1.4.2 遮蔭網

遮蔭是被動性冷卻的常用方法，安裝於溫室內部或外面的移動式遮蔭可改善冷卻系統，可吸收或反射不同波長的光。常見的遮蔭主要有兩種方式：利用黑網 (如百吉網) 攔阻太陽光；利用反射薄片將太陽光反射，無論哪種方式，主要的原理都是降低太陽輻射的能量進入到溫室內。啟/閉遮蔭網所耗的的電力相較於其他設備為小，因此，遮蔭是夏季控制過度太陽輻射便宜、容易與有效的方法。儘管遮蔭與反射薄片的使用幫助限制太陽輻射進入溫室，但在高太陽輻射強度的氣候狀況下，溫室內部的熱並無法獲得太多的降溫改善，但遮蔭可輔助蒸發冷卻提高降溫效果、還能改善作物頂燒的現象。

1.5 溫室電力系統

表1.1 台電的低壓系統

二次系統之電壓	圖 例	應用範圍
a. 120 (110) / 240 (220) V 單相三線式		郊區 (住宅區、農村)
b. 120 / 208 V 三相四線式		商業地區 工業地區
c. 120 (110) / 240 (220) V 三相四線式		住宅、電燈 用商業地區
d. 240 (220) V 三相三線式		二次用電 工業地區
e. 480 (440) V 三相三線式		二次側工業或 商業地區，同 (b)
f. 265 / 460 V 三相四線式		商業、工業地區及 大公寓之升降機用

資料來源：www.moeaec.gov.tw/03/04/ecw030423_0106.htm

● 電線之種類

花線：花線是由多根 (0.18mm/30 根以上) 細小銅線之導體及絕緣層組成，一般使用在小型電器具之配接線上 (如燈具，電視等…)，若使用電熱器 (如電鍋、電熨斗等…) 其容量達500瓦以上者，應使用耐熱花線。在永久性分路配線上，不得使用花線 (如室內配線)。花線電壓只適用於300V以下，線路長度不得超過三公尺。

單心線：單心線又稱實心線，此線是由單一銅線之導體及絕緣層組成，在低壓室內配線上，其使用線徑不得小於1.6mm。

白扁線：白扁線是由二根單心線及絕緣層組成，一般應用在室內明配線上。

絞線：絞線是由多根 (0.6~3.2mm/7~61根) 單一銅線之導體及絕緣層組成，絕緣導線線徑在3.2公厘以上者應用絞線，絞線可應用在較大負載電流場所上，若使用在室內配線上，其線徑不得小於2.0mm²。

電纜線：電纜線是由多根 (2根以上) 絞線及絕緣層組成，一般可應用在室內外明配線及較差的配線環境上。

● 特殊電線顏色代表之意義

綠色線：應用在設備、器具或配線系統線路接至接地極 (接地線) 的導線，為綠色線。

白色線：應用在單相三線電源系統中的被接地線 (中性線)，為白色線。在三相三線或四線電源系統中，白色線被設定為S相，其中三相四線電源系統中的被接地線 (中性線)，亦為白色線。

黑色線：在單相三線電源系統中被設定為第一相非接地線 (火線)。在三相三線或四線電源系統中，黑色線被設定為T相。

紅色線：在單相三線電源系統中被設定為第二相非接地線 (火線)。在三相三線或四線電源系統中，紅色線被設定為R相。

藍色線：在三相三線或四線電源系統中，其黑色線T相，亦可用藍色線替代。

黃色線：在工業配線及交流控制電路中，一般採用黃色線。

表1.2 電線可承受之安全電流

線別	銅導線		同一導線管內之導線數			
	公稱截面積 (mm ²)	芯數/直徑 (mm)	3以下	4	5~6	7~10
			安培容量 (A)			
單線		1.6	15	13	10	9
		2.0	19	16	14	12
		2.6	26	22	20	16
絞	3.5	7/0.8	19	16	14	12
	5.5	7/1.0	25	23	20	17
	8	7/1.2	33	30	25	20
	14	7/1.6	50	40	35	30
	22	7/2.0	60	55	50	40
	30	7/2.3	75	65	55	50
	38	7/2.6	85	75	65	55
	50	19/1.8	100	90	80	65
	60	19/2.0	115	105	90	75
	80	19/2.3	140	125	105	90
線	100	19/2.6	160	150	125	105
	125	19/2.9	185	165	140	120
	150	37/2.3	215	190	165	140
	200	37/2.6	255	225	196	165
	250	61/2.3	300	265	230	195
	325	61/2.6	355	310	270	230
	400	61/2.9	405	360	310	265
	500	61/3.3	469	405	350	300

註：本表所稱導線數，不包括中性線、接地線、控制線及訊號線，但單相三線式或三相四線式電路供應放電管燈時，因中性線有第三諧波電流在仍應計入。

資料來源：www.moeaec.gov.tw/03/04/ecw030423_0106.htm

3C (心) 電纜線及一般電線在交流單相電壓及三相電壓之配線方式：

3C (心) 電纜線內的電線顏色以黑、白、紅三色為主，在主電路配線中，其電纜線及一般電線的配線排列方式，是由左至右或由上至下。

在單相三線電源系統中的顏色接線順序為黑、白、紅 (第一相 (火線)、中性線 (被接地線)、第二相 (火線))。

三相三線電源系統中的接線順序為紅、白、黑或藍 (R相、S相、T相)，一般可由此原則，簡易判定接戶開關 (總開關) 上的電源種類。但在負載較大時，所用較粗之導線，一般以黑色導線配置為原則。

3C (心) 電纜線在交流單相電壓110/220V 接地型插座之接線方式：

交流單相電壓接地型110V專用插座接線方式：白色線接中性線 (被接地線) 插座插孔 (W)、黑色線接火線插座插孔、綠色接地線可由紅色線取代，此線接接地線插座插孔 (G)，但在紅色電線二端必須包紮綠色膠帶 (約2~3cm寬)，以資識別。

● 絕緣膠帶顏色意義及纏繞方式

綠色膠帶：在一般設備接地場所，必須使用其它導線顏色取代接地線時，可將其綠色膠帶包紮 (約2~3cm) 在導線二端，以資識別。綠色接地線連線接點上，不需包紮膠帶。

白色膠帶：在單相三線式110V/220V之電壓電源中，其中性線 (被接地線)，應包紮白色膠帶。

其它顏色：除了上述顏色有特定使用範圍外，其它顏色之膠帶，皆可使用在所有可能載流之導線上。

PVC膠帶纏繞方式：為覆蓋導線原有之絕緣外皮1.5cm以上繞一圈後，改45° 方向作1/2重疊纏繞至另一端掩護絕緣外皮1.5cm以上，再折回繞至開始點，如此作四層纏繞，如圖1.15。

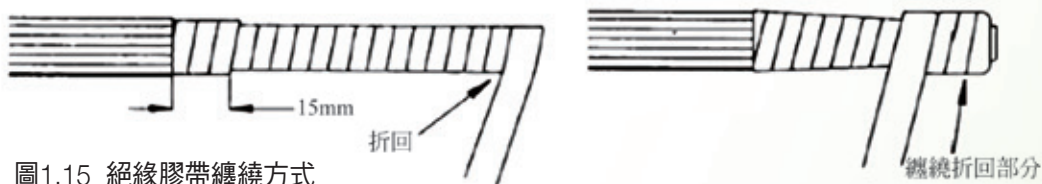


圖1.15 絕緣膠帶纏繞方式

● 按鈕開關及切換開關

壓扣及復歸型按鈕開關：復歸型按鈕開關在壓放開關 (ON) 鍵時，按鈕開關會回復原接點 (OFF) 位置，壓扣型則定位在 (ON) 的位置，若要回復原接點 (OFF) 位置，則須壓放 (OFF) 開關鍵。圓型按鈕開關之裝置孔徑有25mm Φ 及30mm Φ 二種，其接點有1a1b及2a2b二型式。

● 按鈕開關鍵其顏色代表之意義

綠色按鈕：通常應用在電動機起動及運轉，但紅色以外亦可使用。

紅色按鈕：必須應用在電動機停止、緊急停止及電源切斷等場所，若停止及緊急停止按鈕開關，二者同在一起時，尺寸相同中的紅色鍵為緊急停止鍵，另一停止鍵則由其它顏色取代(綠色除外)，若二者皆為紅色鍵且尺寸不同時，尺寸較大者為緊急停止鍵。

黃色按鈕：當電路異常狀況產生時(如過載時所產生蜂鳴器之聲響)，其解除鍵通常為黃色。

● 常用的電工器具

無熔絲斷路器 (No Fuse Breaker, NFB)

無熔絲開關(圖1.16)之主要功用是防止電路過載及短路用，NFB極數有1P(極)、2P及3P三種，一般選用NFB是以標示中的跳脫容量(額定容量)為主。連接無熔絲開關電路之導線，其導線安全電流，不可小於無熔絲開關安全電流之跳脫容量。若無熔絲開關負載為電動機時，為考慮其正常起動時不會跳脫，應依照電動機額定電流的1.5~2.5倍選用，電力工程分路導線應能承受電動機額定電流的1.25倍。

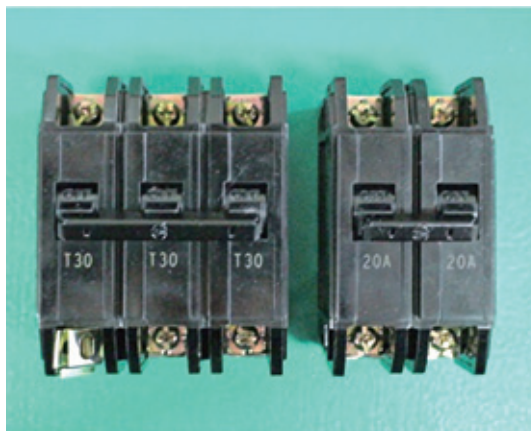


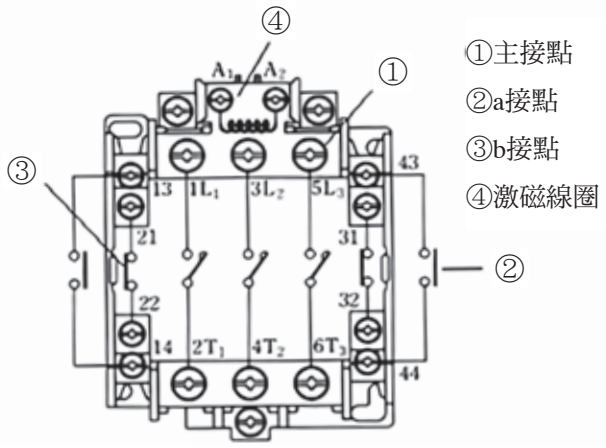
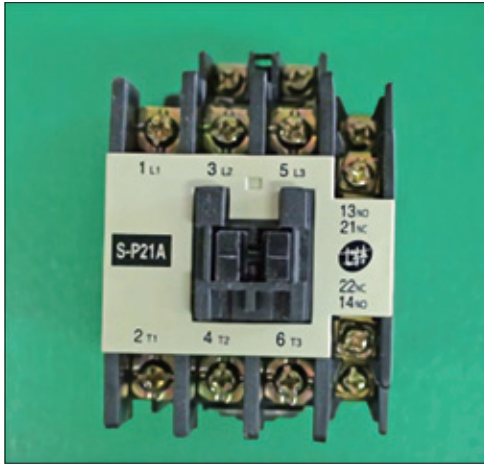
圖1.16 無熔絲開關

電磁接觸器 (Magnetic Contactor, MC)

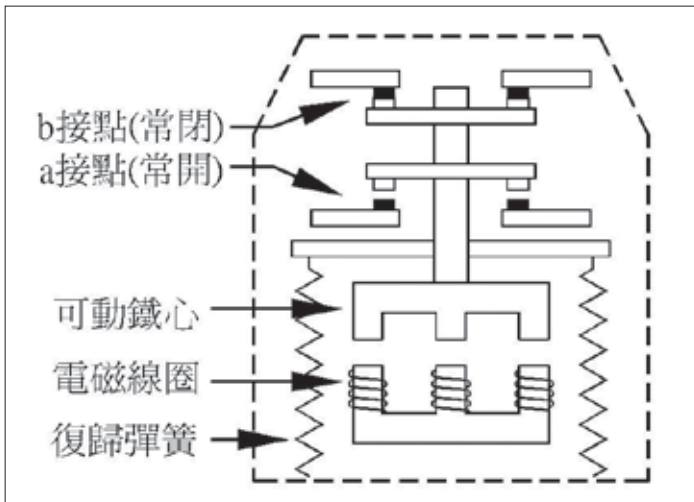
電磁接觸器(圖1.17)線圈外加電壓以交流為主，在電磁接觸器上有主接點與補助接點區別，且各組a、b接點皆為獨立之二點，主接點在中央部位之電源側以R、S、T表示，負載側以U、V、W表示，主接點可承受較大負載之電流。其控制接點的應用方式如圖1.18。

積熱電驛 (Thermal Realy, TH-RY)

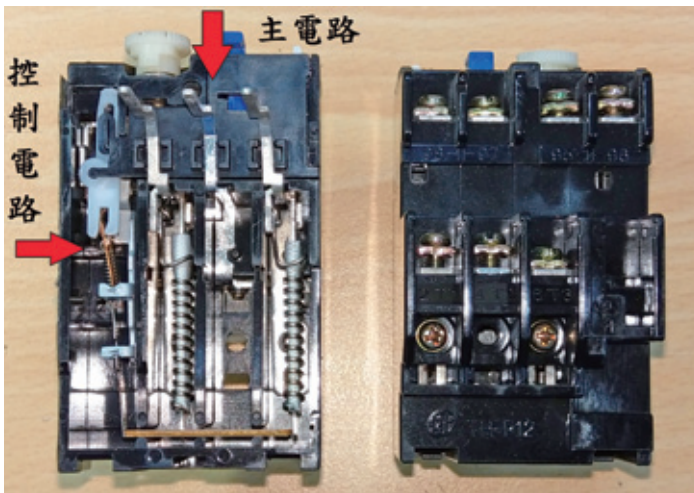
積熱(熱動)電驛又稱過負載或過電流電驛，一般應用在電動機上，其主要功用為防止電路(電動機)過載損壞。在積熱(熱動)電驛上有主電路與控制電路區別，主電路內一般以



↑圖1.17 電磁接觸器



←圖1.18 電磁接觸器
控制接點



←圖1.19 積熱電驛

雙金屬片原理製成，負載電流通過導流金屬，以直接(直熱式)或間接(傍熱式)加熱方式控制雙金屬片，分為2P及3P(極)二類型，3P應用在三相電路中有欠相保護功能。

積熱電驛之控制一般串接再負載之前或接於電磁接觸器之後，能做過載保護。當通過電流超出設定值，電流流經電驛中之發熱體產生熱量，此熱量將使電驛內之雙金屬片彎曲，而帶動接點切斷控制線路達到保護作用。主電路一端接點與電磁接觸器負載側U、V、W連接，由主電路雙金屬片控制控制電路，控制電路連接一復歸桿，此復歸桿可分為手動及自動-手動二類型。在控制電路上方另有一跳脫電流調整鈕，其標示方式有百分比法、電流表示法及倍數法等，積熱電驛控制接點及跳脫電流調整鈕的應用方式如圖1.20。

跳脫電流調整

電流表示法：其電流值直接標示在旋鈕上，直接調整旋鈕將所要設定的電流值對正三角形標示尖端即可。

百分率法：旋鈕所標示的刻度值是中心標示值的百分率。如圖1.21，當旋鈕調於100%時，跳脫電流即設定為 $9 \times 100\% = 9A$ 。

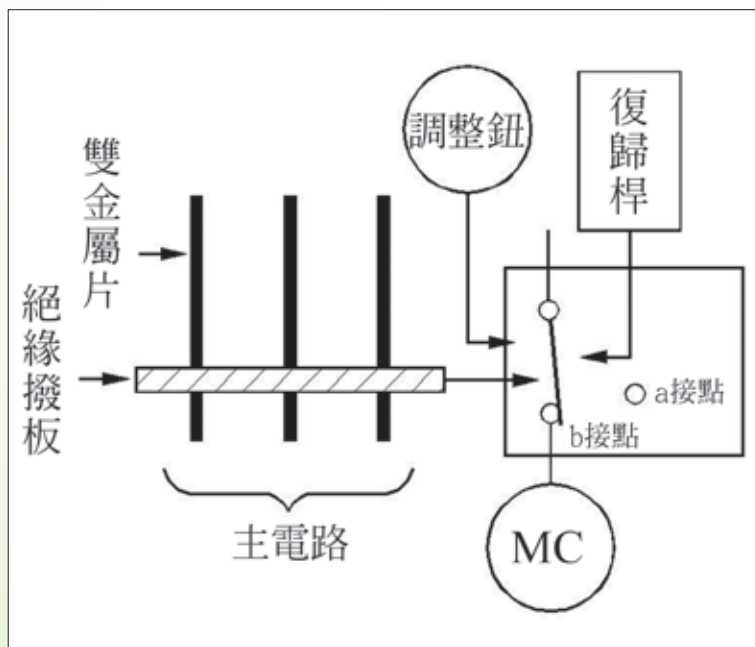


圖1.20 積熱電驛控制說明

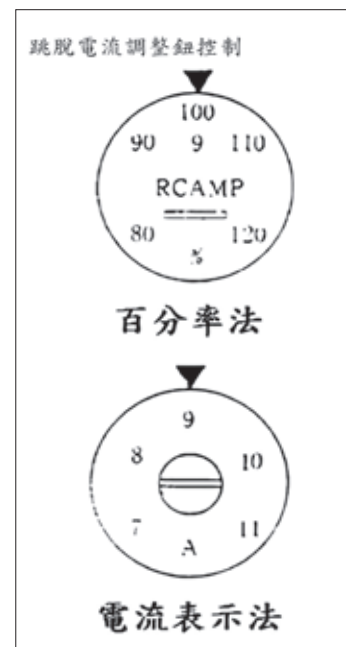


圖1.21 跳脫電流調整說明

→圖1.22 電磁開關

↘圖1.23 逆相保護器



積熱電驛跳脫電流之設定

在電動機使用設定上，運轉因數 (Service Factor 或過載因數) 高於 1.15及溫度不超過40°C者，設定值為額定電流之1.25~1.4倍。不屬於上二項之電動機者，其設定值為額定電流之1.15~1.3倍。若依上式設定，不足以使該電動機完成起動或擔負負載時，其設定最大值，以不超過銘牌標示之全載額定電流值之百分比為準則。



電磁開關 (Magnetic Switch)

電磁開關 (圖1.22) 是由電磁接觸器與積熱 (熱動) 電驛組成，其用途一般作為電動機之過電流保護器及操作開關。電磁接觸器線圈外加電壓以交流為主。電磁接觸器上有主接點與補助接點區別，且各組a、b 接點皆為獨立之二點，主接點在中央部位之電源側以R、S、T 表示，負載側以U、V、W 表示，主接點可承受較大負載之電流。其控制接點的應用方式如圖 1.22。

逆相保護器 (Reverse phase Protector)

逆相保護器 (圖1.23) 主要是當電力系統相序發生錯亂或缺相時，能對系統中某些控制線圈進行斷電，以達到保護作用。

2 常用溫網室構造及合理跨距與高度

2.1 簡易塑膠布溫室

簡易鉸管塑膠布溫室係以鍍鋅鋼管為主要骨架，因所要求之鉸管溫室規格將鍍鋅鋼管彎曲加工成屋面弧管及支柱直管的形狀後，2根左右分開，下端支柱直管以一深度直接插入地下，於中央頂部再以連結套頭接合，構成一組骨架，按溫室長度以適當間隔配置一組，桁條方向再以直管固定。桁條方向的直管一般於頂部、屋面弧管中央、兩肩部及兩腳部等處所固定。全體骨架完成後於再利用塑膠夾或壓條固定塑膠布後，即完成鉸管塑膠布溫室之搭建作業。

2.1.1 鉸管塑膠布溫室各部名稱

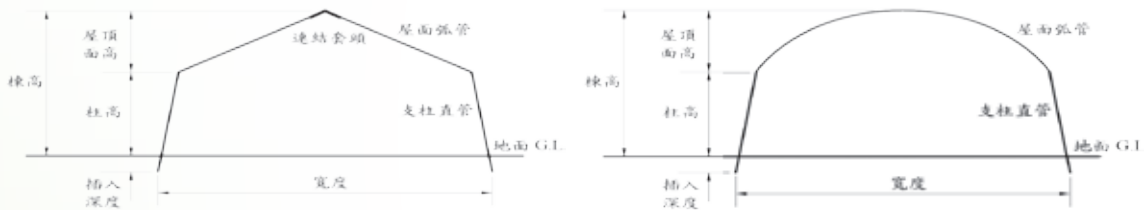


圖2.1 鉸管塑膠布溫室標示說明

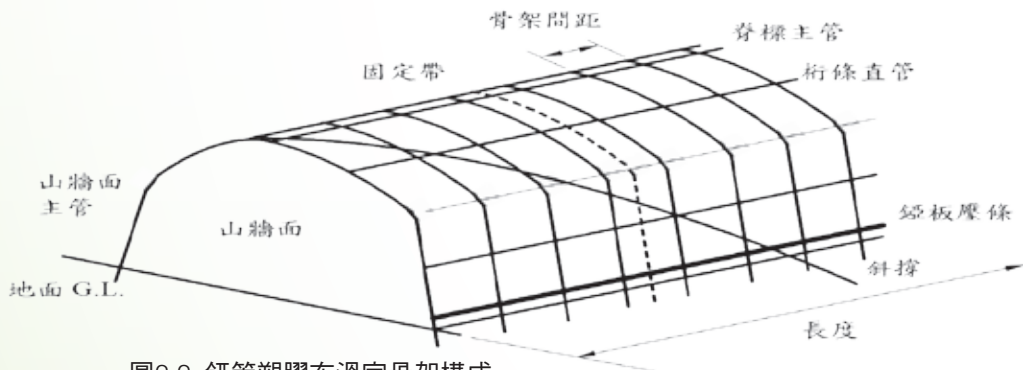


圖2.2 鉸管塑膠布溫室骨架構成

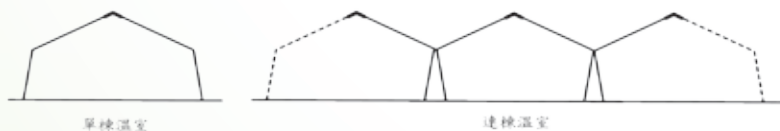


圖2.3 單棟/連棟鉸管塑膠布溫網室

2.1.2 溫室規格與銹管尺寸

相對銹管塑膠布溫室的寬度、棟高及柱高等規格，所應使用的銹管外徑大小及管壁厚度等尺寸，目前國內尚無可供依循之規範。日本設施園藝協會對寬度3.6~7.2m的銹管塑膠布溫室已有制定安全構造指針，依此指針，現在日本國內流通的銹管塑膠布規格及其銹管尺寸，整理如下表提供參考。在銹管材料方面，檢討遭受強風破壞結構的銹管塑膠布溫室，有相當多使用俗稱銹板管(預鍍處理鋼管)的案例，銹板管價格較低，防鏽性差，使用一段時間後強度變弱，為提高銹管塑膠布的抗風性，建議使用符合國家標準CNS4435(一般結構用碳鋼鋼管)、CNS4437(機械結構用碳鋼鋼管)或CNS4626 SCH40(鍍鋅鋼管)，或下表所列規格外，符合國家原料規範的後鍍處理鋼管。

表2.1 溫室規格與銹管尺寸

尺寸(外徑×厚度×長度)(mm)	寬度(m)	棟高(m)	柱高(m)	插入深度(mm)
19.1×1.2×3000	3.0	1.4	1.2	300
19.1×1.2×3700	3.6	2.5	1.5	300
19.1×1.2×3900	4.5	2.25	1.25	300
19.1×1.2×4200	4.5	2.25	1.55	300
22.2×1.2×4200	4.5	2.25	1.55	300
22.2×1.2×4800	5.4	2.75	1.55	400
22.2×1.2×5100	5.4	3.05	1.85	400
22.2×1.2×5500	5.4	3.4	2.2	450
25.4×1.2×4800	5.0	2.75	1.55	400
25.4×1.2×5100	5.4	3.05	1.85	400
25.4×1.2×5500	5.4	3.4	2.2	450
22.2×1.2×5800	6.0	3.45	2.05	450
25.4×1.2×5800	6.0	3.45	2.05	450
25.4×1.2×5500	6.3	3.2	1.75	450
25.4×1.2×6200	7.2	3.8	1.8	500
31.8×1.6×6200	7.2	3.8	1.8	500
42.7×2.0×6200	7.2	3.7	1.8	600

2.1.3 加強抗風力的施工要項

因應經營條件選定溫室骨架規格、材料後，後續的構件組裝及施工品質，對所完成鋁管塑膠布溫室的抗風性具有重大的影響。不可省略基本的抗風構件，並確實執行放樣、整地、組合等施工步驟與工項。

(1) **傾斜支柱**：構成骨架兩端的支柱、屋面鋁管，以使用完整鋼管為原則，避免接續，防止接續處產生鏽蝕，受力後應力集中破壞的現象。支柱插入地下的方式，相較於垂直形式，支柱以傾斜形式插入地下可提高抗風力。以寬度6.0m的情況為例，可採兩邊大略各伸長15cm的比例插入地下。

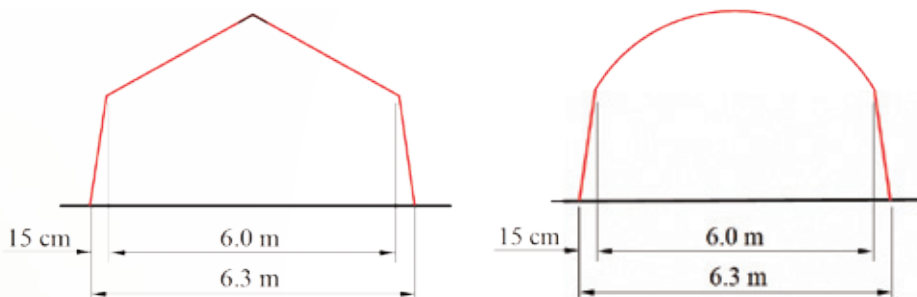


圖2.4 傾斜支柱提高抗風力

(2) **支柱插入地下深度**：支柱下端插入地下深度愈大，抗風力愈大。對應於溫室寬度，插入最小深度如下表。支柱鋁管組裝前，地面上方約10cm及插入地下的部位須先行浸漬防鏽漆處理。

寬度 (m)	插入地下深度 (cm)
3.6~4.5	30
5.4	40
6.0	45
7.2	50

註：砂質土壤需略增加

(3) **骨架幾何形狀**：柱高小，屋頂面高， h/f 值較小有較強的抗風力。連結套頭角度以 30° 具有最強的抗風力。支柱鋁管須套入至連結套頭彎曲處末端，套入長度須大於3倍管徑以上。

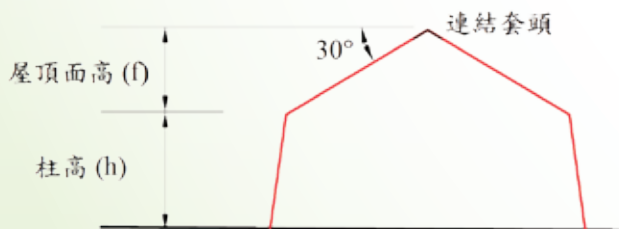


圖2.5 連結套頭角度以 30° 具有最強的抗風力

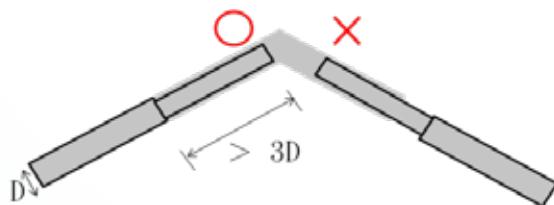
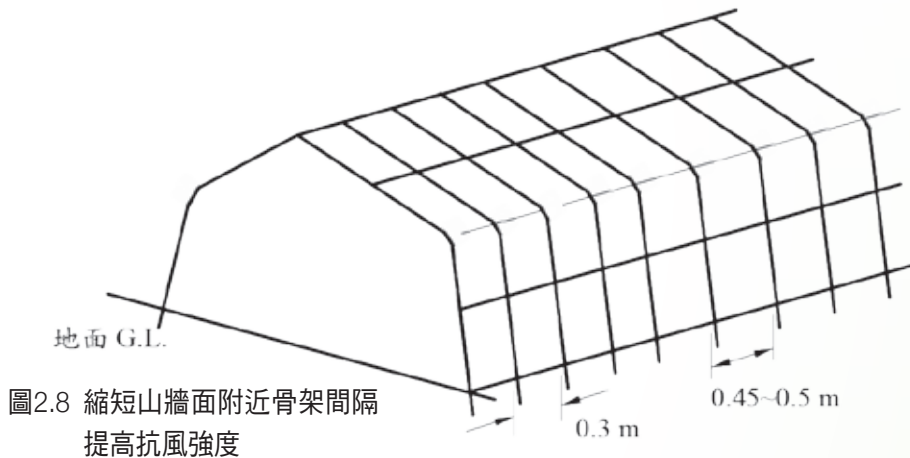
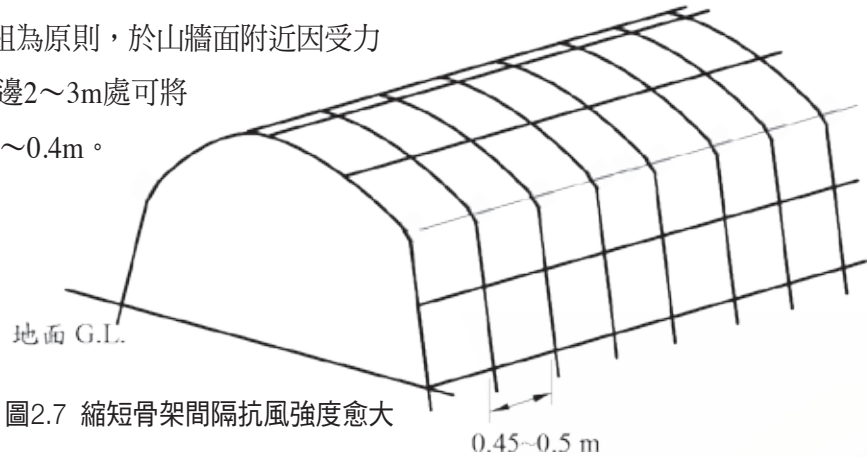


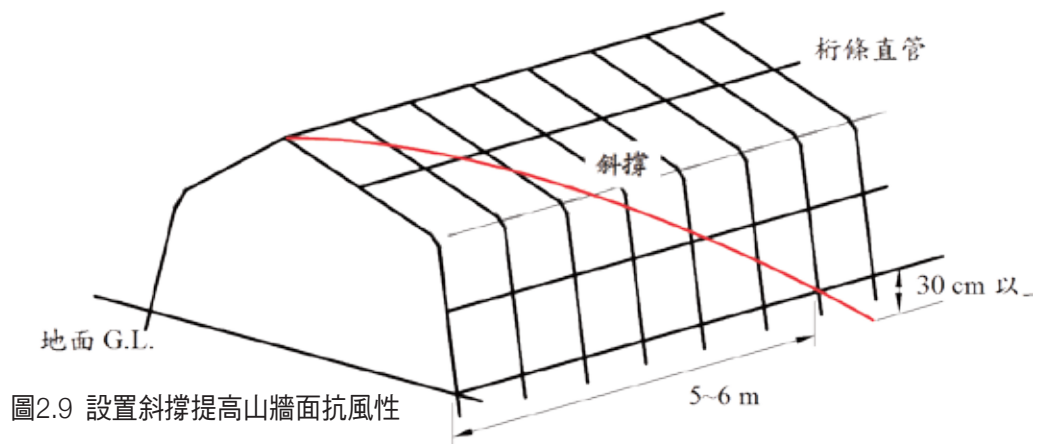
圖2.6 鋁管連結彎曲套頭

(4) **骨架間距**：簡易鋸管塑膠布溫室由連續的骨架，以桁條直管接合組構而成，骨架間隔愈小，溫室抗風強度愈大。例如骨架間隔由1m縮短為0.5m，溫室的抗風強度即增加2倍。骨架間隔決定強度，在臺灣地區颱風多發生的情況，建議骨架間隔以0.45~0.5m設置一組為原則，於山牆面附近因受力較大，兩端山牆面邊2~3m處可將骨架間隔縮短為0.3~0.4m。

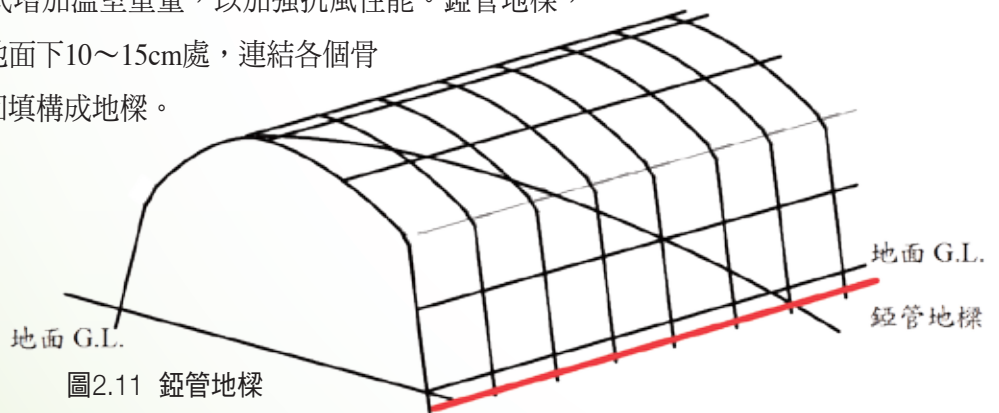


(5) **桁條直管**：各骨架間的桁條直管連結，桁條直管的尺寸採相同或略小於骨架鋸管尺寸，以設置5~7根為原則。相對使用過粗或過多的桁條，對抗風性能並無太大助益，可能導致增加溫室的垂直載重的反效果。

(6) **斜撐**：溫室四周的斜撐為加強抗風性的最主要關鍵，在溫室四邊角處以直管設置斜撐，斜撐一邊緊固於山牆面屋頂處，一邊固定於支柱，末端須插入至地面下30cm以上，斜撐受力能順暢傳達地面承受。斜撐投影於地面長度約5~6m，與骨架鋸管須以固定金具緊密接合。



(7) **簡易基礎**：鋁管塑膠布不具固定基礎，重量輕，故抗風性差，可利用鋁管地樑或錨定螺旋樁的方式增加溫室重量，以加強抗風性能。鋁管地樑，將直管埋設於地面下10~15cm處，連結各個骨架後，再覆土回填構成地樑。



(8) **錨定螺旋樁**：在溫室兩側各用螺旋樁錨定，沿側壁方向約以3m的間隔設置，再以鋼索再固定於兩側螺旋樁頂端彎頭，或以直管貫穿螺旋樁頂端彎頭，再連結各個骨架，作為地上樑的方式。

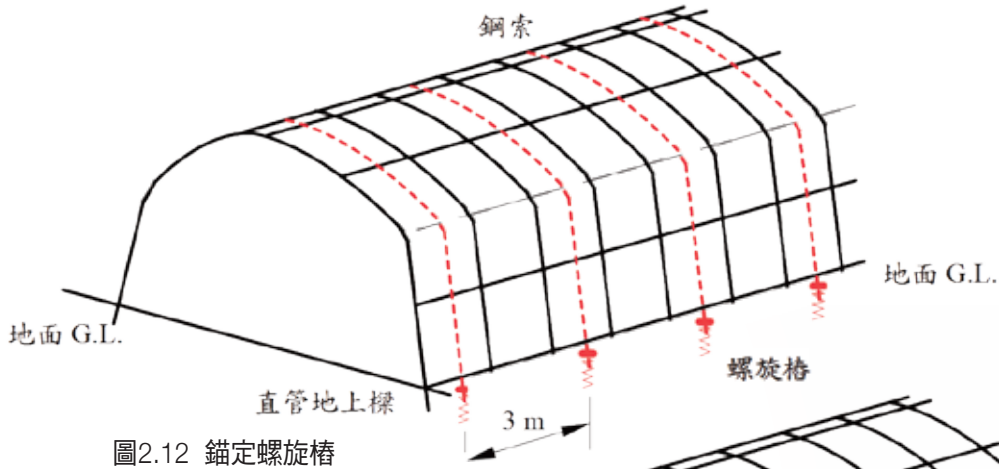


圖2.12 錨定螺旋樁

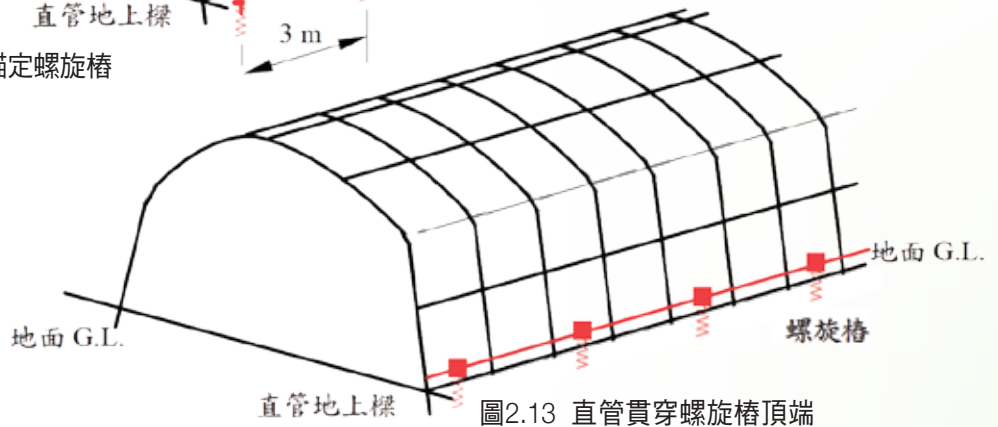


圖2.13 直管貫穿螺旋樁頂端彎頭作為地上樑



黏質土壤 砂質土壤



圖2.14 螺旋樁

(9) **接合組件**：骨架、桁條、斜撐、鋸板壓條等各構件的相互接合，充分利用平面接合金具，盡量避免鋸管鑽孔螺絲固定的方式，防止因鑽孔而破壞鋸管等構件本身的材料強度。在國內，目前廠商開發各構件接合的專用平面接合金具並不積極，絕大部分仍使用線材構造的彈簧管夾為主，其接合強度較弱，在國內尚無平面接合金具的情況下，使用彈簧管夾在構件接合上，如桁條與骨架的連結，彈簧管夾採正負交錯的配置，可稍增強抗風力。

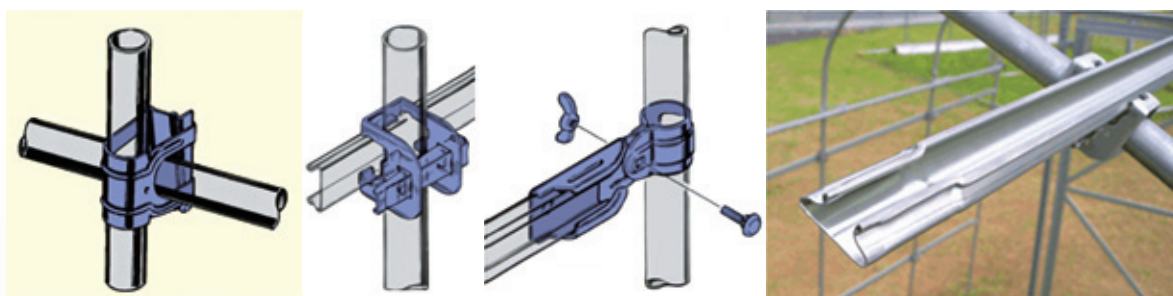


圖2.15 日本鋸管塑膠布構件接合之平面接合金具 (渡邊パイプ)



圖2.16 彈簧管夾正負交錯配置

(10) **連棟溫室**：連棟溫室由2棟以上相同規格的單棟溫室連結而成，兩連棟溫室的骨架支柱交叉配置，相交叉處利用桁條直管及接合金具固定，一般桁條直管以配置於兩支柱交叉點上方處連結，具有較大的抗風性。兩連棟溫室間谷部配置天溝，天溝內設置結束固定帶用直管。



←圖2.17 連棟溫室骨架支柱交叉處利用桁條直管固定

↓圖2.18 天溝內設置結束固定帶用直管

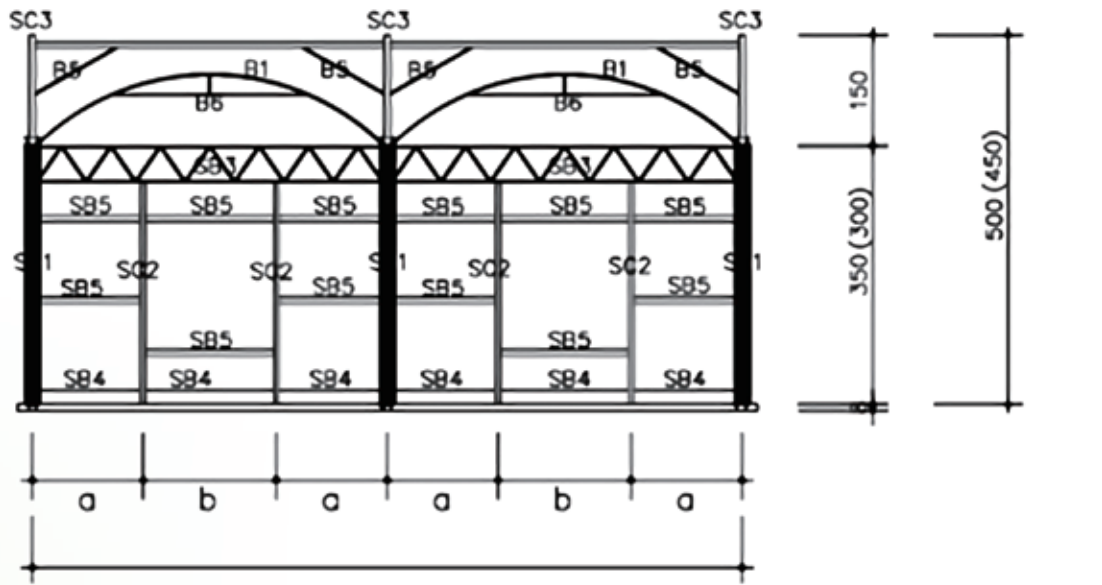


2.2 加強型溫室

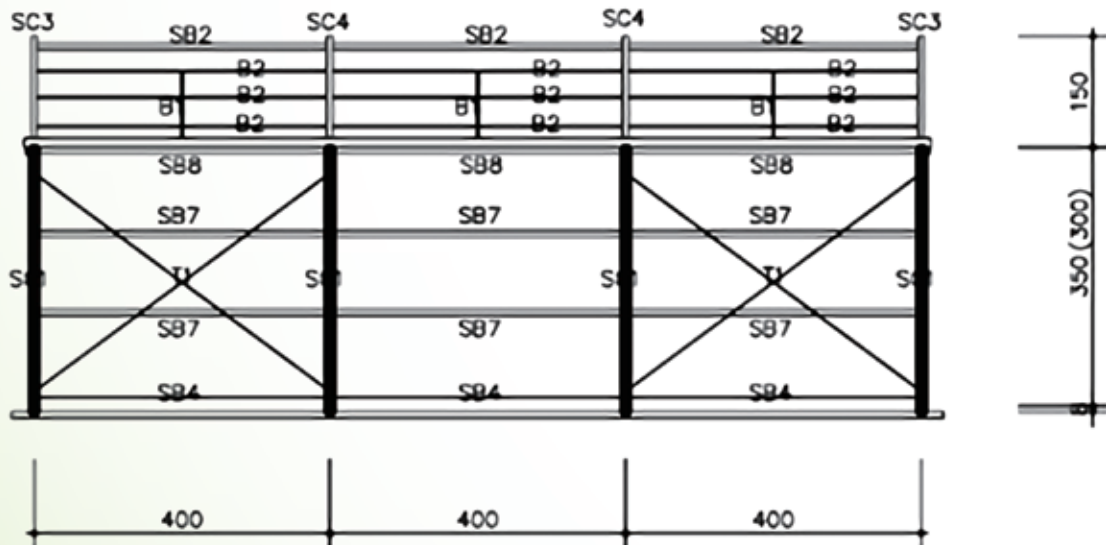
溫室為一具特定機能的建築物，以栽培植物為目的，構造上必須能夠提供植物適宜的生育環境，提供生產性高、作業舒適的環境，要求安全性、耐久性高及經濟為主要條件。上述條件中，必須以提供植物適宜的生育環境為第一優先，生育環境中則以日照為最基本要求。為不妨害植物生育不可欠缺的日照，在結構安全的前提下，溫室採用斷面較細的構件組成，以柱、橫樑、及屋頂主樑為骨架模組，依建造規模將骨架模組往四周延伸後，再制用機脊樑、緣、斜撐等構件連結並增強結構，屋頂面及四周壁面外側再覆蓋玻璃或塑膠布等透光性材料而構成的模組化建築物。

基於採光性、通風性、作業管理或降低成本等不同構思，目前發展出的溫室種類型態甚多，其中如上述簡易塑膠布溫室，因鋸管直接插入地面下不具固定基礎；另，Venlo型溫室、大跨距山形溫室、加強型鋸管溫室等，為柱下方具有固定基礎的溫室，部分型式依據建築法規建造時須建築師簽證並申請建造執照。基於上述增訂農發條例之原則，農糧署為降低栽培業者之設備成本，先行委託中興大學生物產業機電工程學系，蒐集國外農業先進國家溫室建築規範及相關申請溫室建築法規，並參酌國內溫室結構之需求及建築法令之規範，規劃

適於臺灣地區使用之溫室安全建築準則，遴選通用性之規格化溫室數種、製作溫室標準圖樣；並委託中華民國建築師公會全國聯合會製作六種農業溫室標準圖樣及其結構計算書，於96年12月公布，提供溫室栽培業者選用。



X 正立面圖



左右側立面圖

圖2.19 圓拱力霸型溫

2.3 水平棚架網室

水平棚架網室為採用鐵管、鍍鋅鋼管或水泥柱等材料為支柱或橫樑組合搭建之水平棚架結構，並在其屋頂及四周側壁以紗網等被覆材料設置防蟲網之農業設施。近年來，為強化水平棚架網室抗風能力，在棚架結構選用及施工方法均有改進。

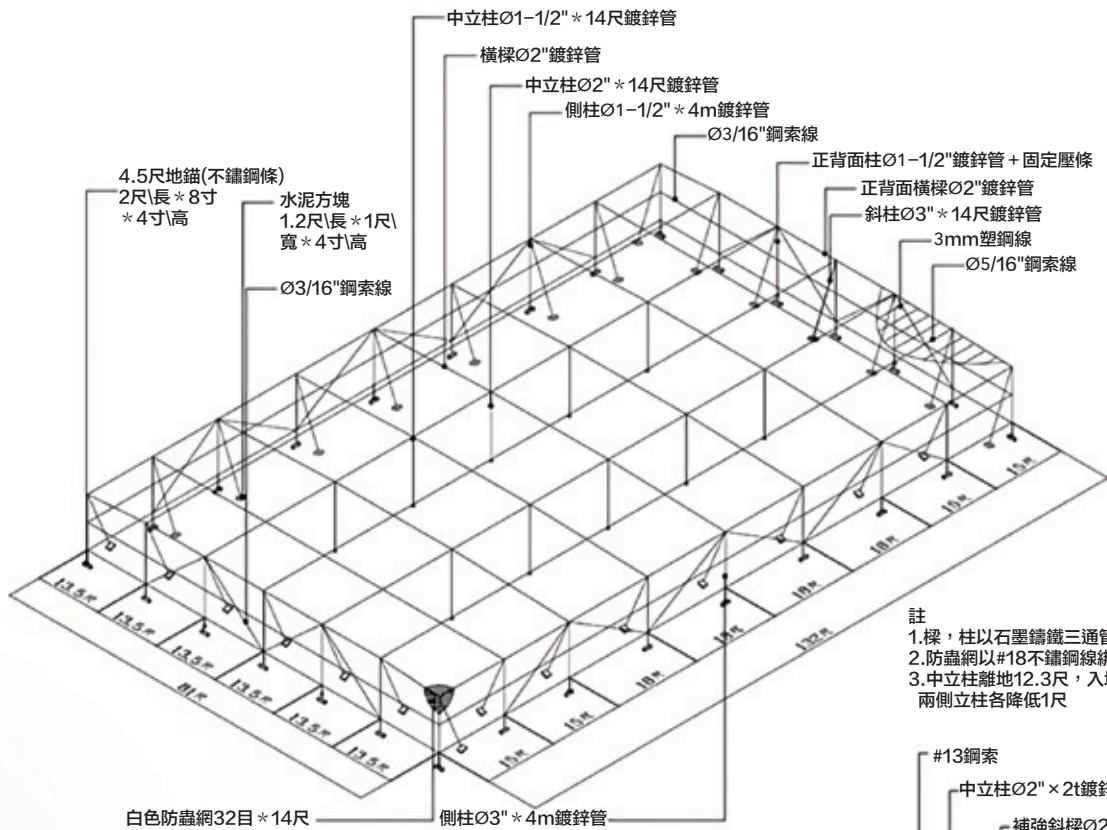
以農糧署加強型水平棚架網室設施作業規範為例，在網室4個角落角柱用3英吋(含)以上鍍鋅管，並在周邊以3英吋(含)以上鍍鋅管設置斜柱；周邊斜柱間距應小於6公尺；斜柱邊設置2英吋(含或以上)鍍鋅管之側柱；網室內設置1.5英吋(含或以上)之立柱，間距

約10公尺。每一斜柱以堅固材質(如水泥塊或鋼塊等)作為地錨，建議應深埋至少1公尺並夯實。在斜柱與相對斜柱周邊，以可支撐強風侵襲之鋼索線牽引，利於塑膠網固定，亦可於網室上方加置橫樑。塑膠防蟲網用固定壓條或不鏽鋼線等資材固定於網室結構上，以內外兩側塑鋼線或鋼索材質牽引，避免強風吹動受損。

目前加強型水平棚架網室主要有斜柱型及直立柱型2種，其結構示意圖如下：

表2.2 圓拱力霸型溫室材料表(單位：mm)

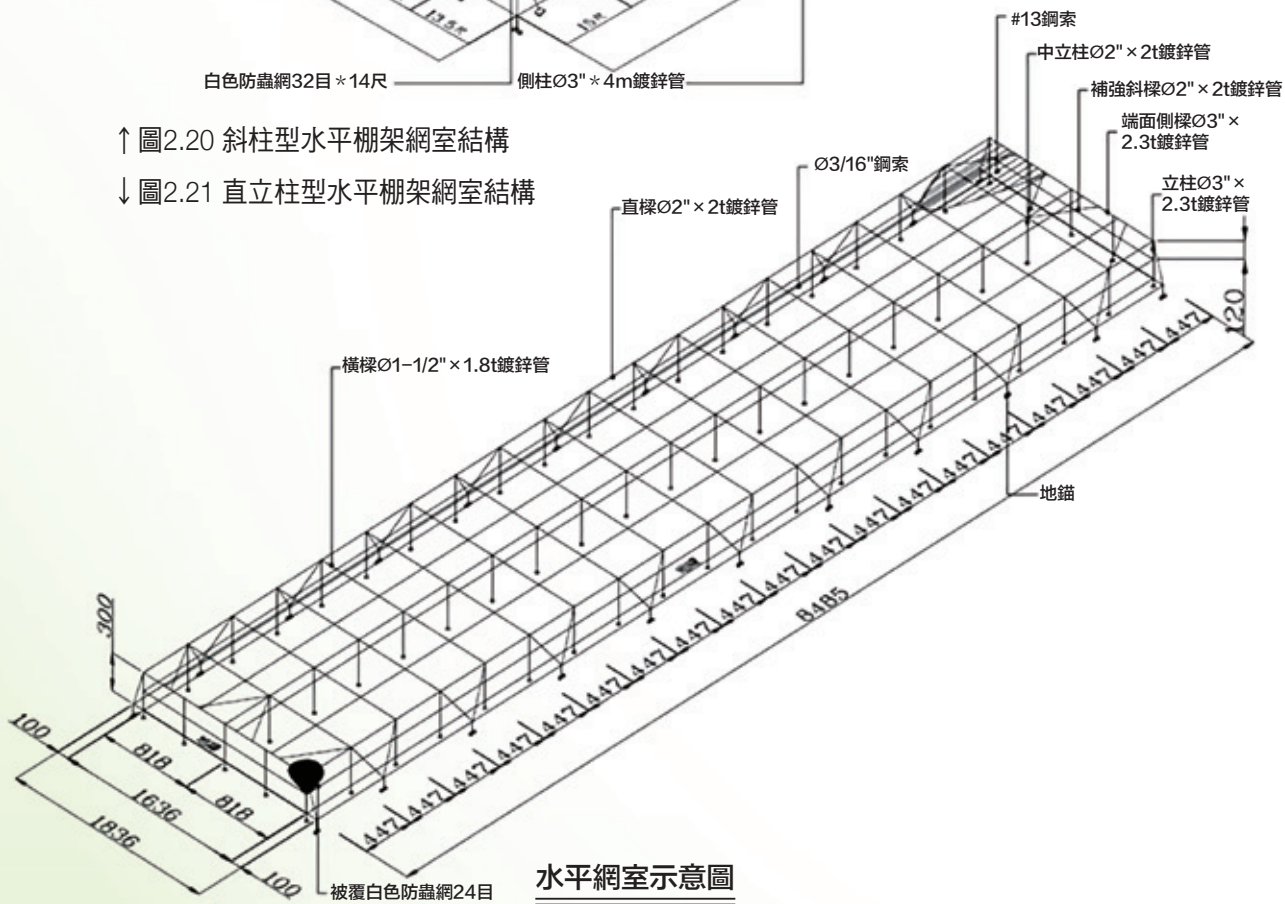
編號	名稱	規格
柱		
SC1	主立柱	□ 120×60×3.2t
SC2	副立柱	□ 60×60×2.3t
SC3	拉網上層柱	□ 75×75×2.0t
SC4	上層柱	□ 50×50×1.6t
圓管樑		
B1	屋面弧管	Ø1"×2.0
B2	屋頂桁管	Ø3/4"×2.0
B3	上網橫管	Ø1"×2.0
B4	上網桁管	Ø1"×2.0
B5	上網斜鋼管	Ø3/4"×2.0
B6	弧管支撐管	Ø3/4"×2.0
B7	內網支撐管	Ø1"×2.0
B8	內網桁管	Ø1"×2.0
樑		
SB1	外拉網樑	□ 75×75×2.0t
SB2	外網桁樑	C 75×45×15×2.3t
SB3	短主樑	2-□ 60×30 H=500 W/ M12 LATTICE
SB4	矮牆樑	C 200×60×2.3t
SB5	風扇樑	C 75×45×15×2.3t
SB6	水牆樑	C 75×45×15×2.3t
SB7	內網桁管	C 75×45×15×2.3t
SB8	側樑	□ 80×40×3.0t
SB9	主樑	2-□ 60×30 H=500 W/ M12 LATTICE
其他		
T1	側拉桿	Ø10mm
W1	水槽	U120×100×3.2



註
 1. 樑、柱以石墨鑄鐵三通管接頭銜接
 2. 防蟲網以#18不鏽鋼線綁裝牢固
 3. 中立柱離地12.3尺，入地1.7尺，兩側立柱各降低1尺

↑ 圖2.20 斜柱型水平棚架網室結構

↓ 圖2.21 直立柱型水平棚架網室結構



水平網室示意圖

3

溫網室通風降溫設計及要點

3.1 溫室通風量設計原則

通風是減少溫室內、外溫差最經濟的方法之一，同時決定通風量的大小為溫室環控的第一步。溫網室使用防蟲網是必要的，但要注意其網目大小對可通過風量的影響。溫室內的通風與溫室內外的空氣交換一樣重要，但常被忽略；溫室內的通風只要在植物表面有0.2m/s的風速便可確保室內溫度、濕度與二氧化碳濃度的均勻，因高濕或不良氣體所造成的疾病問題通常可大幅減少。機械通風風扇若疏於維護、外力造成葉片變形，可能降低風量，如皮帶過鬆甚至可降低風量達40%或更多。小風扇的效率多半比大風扇低。安裝一個風扇的工資成本不分大小均差不多，總風量相同下使用少量個大風扇比使用多數個小風扇為佳。使用通風的降溫極限是室內、外溫度相同。溫室在冬季應儘量維持氣密，但在冷天的午後可作短時間的通風以降低濕度、提高二氧化碳濃度。適時的換氣可做到濕度控制並避免二氧化碳濃度太低。在夏季時，溫室的通風風量率需足夠以維持使室內溫度不致高出室外太多。4米高的溫室，維持1分鐘1個溫室體積的交換速率，可維持溫度只增加4.5~6°C。交換的風量加倍，溫度增加幅度減半，只增加2.2~3°C，但通風的成本也加倍。

3.2 自然通風設計原則

自然通風可降低內部溫度使接近外部空氣溫度，以屋頂與側邊通風孔冷卻溫室的關鍵因子是自然對流的空氣交換率，此交換率係由總通風孔面積、風速與內外空氣間的溫差影響。因此應設置足夠的通風口面積，使通風系統的設計通風量滿足最大必要通風量要求。為了有效冷卻通常推薦相當於地板面積15~30%的總通風孔面積，大於30%的通風孔面積，降溫效果改善有限。未有效利用熱壓及風壓造成的自然通風，應盡量加大天窗、側窗的高度。同時將熱壓進風口設於迎風面，出風口設於背風面，可獲得最大通風量。設置屋頂天窗應分別控制兩側天窗的啟閉以適應不同風向。防蟲網顯著降低氣流並增加溫室內熱力梯度。自然通風系統通常較無效率，而且在熱帶氣候（白天外界環境溫度上升超過35°C以上，溫室溫度超過42°C以上）晴朗無風的日子降溫效果不佳，只有在微風及溫和氣候的春天與秋天時期有用，也只能降低溫室氣溫（2~3°C），因此特別需低溫的作物通常無法滿足需求。使用自然通風。

出風口必需裝設防蟲網以將粉蟲阻擋在外。為了維持通風效能，在使用防蟲網的狀況下，每平方公尺的溫室面積至少需配合0.5平方公尺的通風口 (Hemming, 2016)。雖然自然通風無需額外能源支出，但由於需要更多通風開口面積，因此溫室結構強度需求更高。

3.3 強制通風設計原則

通風降溫是利用負壓風扇移除溫室內過多的熱能，強制通風的理論降溫極限是室內溫度等於室外溫度，但在實際應用中是不可能達到的，負壓風扇一般設置於下風處，進氣口設置於夏季主要風向的上風處。兩風扇間距離不超過8~10m，溫室內作物區風速以不超過0.5m/s為原則。為維持一定溫差，通風率可經由能量平衡的公式進行計算：

$$(1 - E)\tau IA_f = UA_c(t_i - t_o) + \left(\frac{Q_v A_f c_{pex}}{V_{ex}}\right)(t_{ex} - t_{inlet}) \quad (ASABE)$$

E：蒸散係數

τ ：被覆之太陽能透射率

I：太陽輻射(W/m^2)

A_f ：地板面積 (m^2)

U：總傳熱係數($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A_c ：被覆面積 (m^2)

t_i ：溫室氣溫 ($^\circ C$)

t_o ：室外氣溫 ($^\circ C$)

V_{ex} ：空氣離開溫室的比容 (m^3/kg air)

Q_v ：通風率 ($m^3/s \cdot m^2$)

c_{pex} ：空氣離開溫室的比熱 ($J/kg \cdot C$)

t_{ex} ：離開溫室的排風溫度 ($^\circ C$)

t_{inlet} ：進入溫室的入氣溫度 ($^\circ C$)

3.4 內循環風扇型式及安裝

溫室內靜止的空氣對作物有許多不良影響，包括在作物葉面形成一層黏滯性邊界層阻礙作物的蒸散作用，甚至結露濕潤表面。看似無害的物理現象，卻對作物的健康管理造成潛在

性的危害。其中最常發生的是細菌、真菌、孢子等的生長繁殖，使病害快速發展，而影響作物生長及產量。環控裝置長時間停機時，維持溫室內空氣的流動，對作物生長具有正向的效益。作業的重點在於溫室內通風的均勻性而不是要產生極大的風量。內循環風扇之通風量以換氣率表示。一般溫室每分鐘體積換氣率為0.3次，但面積大於300坪時可採取0.35次之基準量。或溫室內風扇總容量 (m^3/min) 須至少相當於溫室體積的1/4。安裝重點如下：

溫室長度每增加15公尺即增加一列風扇。對於有三個隔間的溫室，外圍的兩個隔間的氣流必須同向。奇數隔間數的溫室，中間的三個隔間的氣流必須同向。所有風扇的總容量 (單位為 m^3/min) 須至少相當於溫室體積的1/4。直徑16吋、1/15馬力的風扇通常已足夠。



圖3.1 內循環風扇

4

批覆資材安裝注意事項或標準作業程序

4.1 塑膠被覆材料之物理性能

● 軟質PE布／膜

PE無毒、無臭。PE布／膜質地輕、柔軟光滑，比重0.92~0.93，透光率良好(80%)，耐寒性佳，耐低溫物理性比PVC為優，其保溫性比EVA略差，PE布／膜之開發使用較EVA為早，可製成防塵布、防霧、不滴水(流滴)布以及特殊光線濾過布／膜等。添加UV吸收劑後，可延長使用年限，最常用於設施園藝，適於葉菜類、花卉類、果菜類之栽培。

● 軟質EVA布／膜

EVA無毒、無臭。而EVA布／膜質地輕(比橡膠輕)，且比PE柔軟，比重為0.93~0.94，透光率良好(85%)，屬於紫外線透過型。耐寒性特佳，耐低溫物理性比PE、PVC皆優。又EVA膜之水蒸汽透過性不良，可防止水分蒸發，適於扦插育苗。EVA布／膜之開發使用較PE、PVC為晚，可製成不滴水、防塵、防霧以及特殊光線濾過等布／膜。添加UV吸收劑後，可延長其使用年限，適於葉類、果菜類、花卉類等之栽培。

● 軟質PVC布／膜

PVC有味，而軟質PVC布／膜質地柔軟，隨可塑劑之含量增加時，柔軟度也隨之提高。比重為1.23。透光率良好(87%/0.1mm厚)。耐寒性弱，耐低溫物理性比EVA差，在冬季易脆裂。其水蒸汽透過性大於PE約3倍，但氧氣和二氧化碳氣之透過性較小，對於需要保持濕度又需要呼吸生長之扦插育苗較不適使用。相同厚度之PVC與PE在未使用前其光線透過率，以PVC較佳，但經使用後則相反，因PVC對灰塵之污染率較高，容易阻遮透光性。可製成不滴水、防塵、防霧、特殊光線選擇性濾過塑膠布／膜等。適於果菜、花卉、觀葉植物等類之栽培。

● 軟質PO膜

PO膜是最近由日本採用高級烯烴的原材料及其他助劑，採用外噴塗烘乾工法而產出的一種新型農膜。具有高透光性、持續消霧、防流滴、保溫性、壽命長、高拉伸強度。比傳統PE膜及EVA膜更優異，但價格偏高。

● F-CLEAN膜

F-Clean的基礎材料是ETFE (乙烯 - 四氟乙烯)，氟基塑料。在生產過程中，藉由摻入添加劑賦予特定性質，例如抗滴落特性或UV阻擋。F-CLEAN比PE膜，聚碳酸酯，PMMA板和玻璃更輕，透光率為93~94%。低表面張力故有自潔性，F-CLEAN是一種自熄滅材料故具防火性。另有「不會碎玻璃」的別名，是一種能將颱風造成損害降至最低的堅固材料，但價格昂貴且施作工法特殊，因此造價高出一般塑膠膜甚多。

● 硬質PET膜

PET 無毒、無臭、質輕且其面光滑又透明，比重1.21，全光線透過率為90%，耐寒性(-70°C)優，保溫性良好，適於果菜、花卉、葉菜類之栽培。

● 硬質PVC板

PVC板質地強韌且表面光滑，無特殊異味，比重1.45~1.50，透光率良好(80%)，耐低溫性較差。適於葉菜、觀葉植物等類之栽培。

● 硬質PC板

PC無毒、無臭。PC板質輕且強韌又透明，其全光線透過率為90%，耐低溫性優，保溫性良好。強度比強化玻璃高250倍，耐候性良好，適於葉菜、果菜類、觀葉植物類等之栽培。

● 硬質壓克力 (PMMA) 板

無毒，無味，質輕，比重1.19，其全光線透過率為92% (0.7mm)，耐低溫性優，保溫性良好。適於葉菜、果菜類、觀葉植物類等之栽培。

● 硬質玻璃纖維強化壓克力 (FRA) 板

質硬且表面光滑，比重1.3~1.4，其光線透過率為90% (0.7mm)，保溫性良好。適於花卉、葉菜類之栽培。

● 硬質玻璃纖維強化聚酯 (FRP) 板

質硬且表面光滑，比重1.5，其光線透過率為88% (0.7mm)，耐衝擊强度高，保溫性良好。適於葉菜、果菜類、觀葉植物類等之栽培。

● 塑膠網織材料

遮光網：遮光率40~95%，有黑、白、銀色，通氣，耐候性良好。

不織布：遮光率黑70~90%，白20~50%。

防蟲網：透光率90%，網目16×16、24×24、32×32。

防風網：網目9×9、10×10。

發泡布：透光率50%，比重0.03~0.05。

簾 蓆：透光率70~95%，編織目10×10。

表4.1 塑膠被覆材料直射集散射光的透光率

材質	厚度 (mm)	直射光 (%)	散射光 (%)
Glass (玻璃)	4	89~91	82
PE film Uv	0.1~0.2	89~91	81
EVA film	0.18	90~91	82
PVC	0.1~0.2	87~91	
PO	0.15	95	
ETFE film	0.1	93~95	85
PC double sheet	12	80	61
PMMA double sheet	16	89	76

4.2 溫室常用塑膠被覆材料之規格及特性

表4.2 塑膠資材耐候性

材 料	材 質	規 格	耐用年限
玻 璃	平板玻璃、強化玻璃	厚度3~4 mm	長達40年
硬質塑膠板	FRP (玻璃纖維強化聚酯)	0.3 mm以上	10年
	PMMA (壓克力)		
	FRA (玻璃纖維強化壓克力)		
	PC (聚碳酸酯)		
硬質塑膠膜	PET (聚酯)	0.15~0.3 mm	5~10年
	F-CLEAN (氟樹脂薄膜)	0.06~0.1 mm	10年以上
軟質塑膠膜	PO (聚烯烴)	0.15 mm	3年以上
	PET (聚酯)		2~5年
	PE (聚乙烯)		
	EVA (醋酸乙烯共聚物)		
軟質塑膠布	PE、PVC、EVA	0.15~0.25 mm	1~2年
	PE、PVC、EVA	0.08~0.12 mm	1年
軟質塑膠膜	PE、PVC、EVA	0.08~0.10 mm	數月

4.3 防蟲網選擇依據

應根據溫室內作物種類、季節及防範對象選擇防蟲網網目大小，防蟲網網目過大無防蟲效果，過小則會增加通風阻力。選擇防蟲網應考慮下列因素：昆蟲入侵的自然習性、昆蟲的種類、防蟲網的機械強度。

表4.3 防護蟲害所需的防蟲網目

害 蟲	網目尺寸 (mm)	網目
潛葉蠅 (Leaf miner)	0.61	32×32
粉蝨 (Whitefly)	0.46	40×40
蚜蟲 (Aphid)	0.34	50×50
溫室粉蝨 (Greenhouse whitefly)	0.29	60×60
銀葉粉蝨 (Silverleaf whitefly)	0.24	
薊馬 (Thrips)	0.19	

4.4 常用防蟲網材料及規格

- 防蟲網主要材質為聚乙烯，並添加抗老化、抗紫外線等化學助劑以增加其耐候性及強度。
- 防蟲網的網目數計算是指1吋長度上可排入的孔數，因此網目數越大代表越密，反之則越疏。

一般防蟲網目對應常見害蟲應用如下：

- 16目：夜盜蟲、紋白蝶
- 32目：小菜蛾、黃條葉蚤
- 50目：薊馬、蚜蟲、銀葉粉蝨

防蟲網維護作業要點如下：

1. 定期清理與檢查有無破損，如有破損應立即修補。
2. 清潔時以低壓水柱由內向外清洗，或下雨時將捲簾捲起利用雨水沖洗。
3. 清理防蟲網週遭雜草。



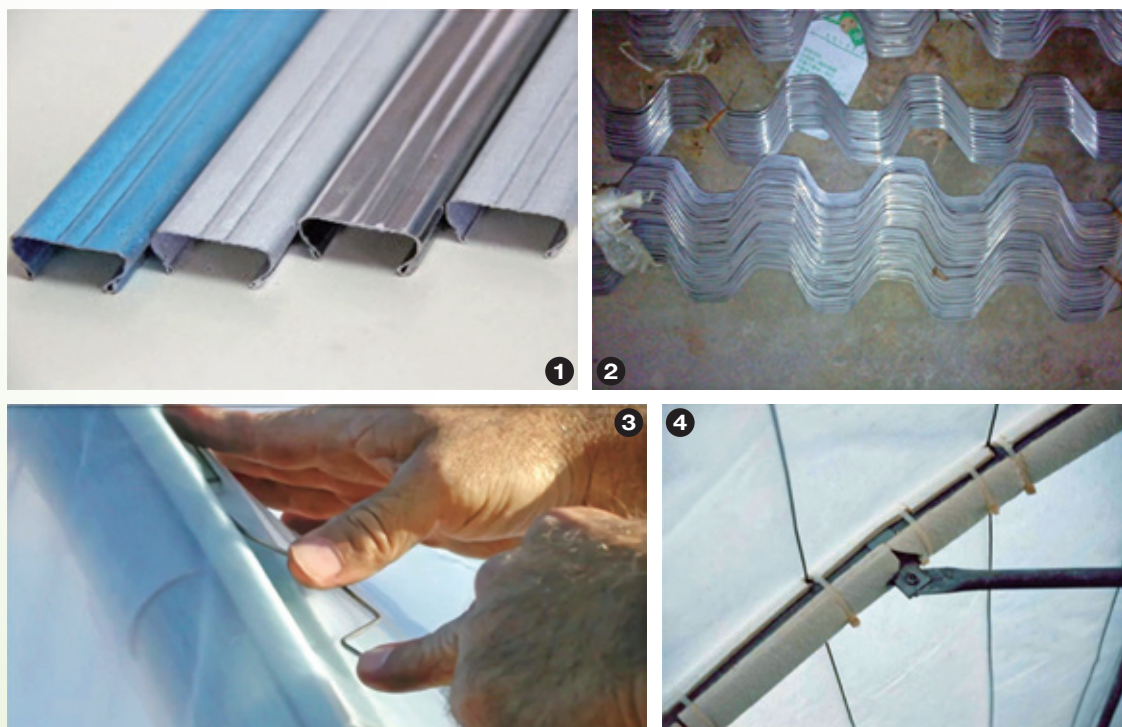
圖4.1 50目防蟲網



圖4.2 32目防蟲網

4.5 塑膠被覆材料之安裝與使用要點

塑膠膜安裝前、中、後均應避免刺傷、割傷、壓傷。塑膠膜必須安裝平整。PEP塑膠膜安裝有方向性，正確的安裝為站在溫室內向屋頂仰望，塑膠膜上之字體為正向（如This side of film should face the soil”）否則表示塑膠膜裝反。因為塑膠膜一般具有熱漲冷縮的性質，故最好不要在一天最熱的時候安裝，否則可能導致塑膠膜過於緊繃降低使用壽命。溫室鋼結構在經烈日曝曬後，表面溫度可達60~70°C。因此最好在鋼結構與塑膠膜間利用絕緣材料隔離（圖4.6），可避免局部高溫導致塑膠膜材質提早變質。溫室為了栽培需求，經常會有管路、線路依附在結構上，這些管路線路一般外徑較小，如果塑膠膜直接覆蓋於其上，接觸應力相對較大較容易產生破損。塑膠膜主要靠壓條（圖4.3）配合不銹鋼S線（圖4.4）固定，壓條再利用自攻螺絲固定鎖固於溫室結構上，自攻螺絲的數量關係到固定的強度，因此壓條固定螺絲間距不得超過50cm，且一支壓條內不得同時重疊超過兩層固定彈簧。



①圖4.3 壓條

②圖4.4 S線

③圖4.5 塑膠膜固定

④圖4.6 利用絕緣護套包覆鋼結構保護塑膠膜

5 溫度與濕度監測設備

臺灣溫室設施內常因濕度過高導致病害及生長效率降低，貢獻空氣濕度的水分從葉面或土壤介質的「蒸發散量」取決於「日照」、環境空氣「濕度」及「風速」條件，大致上蒸發散量與以上變因參數的關係可用Penman公式來做關聯，空氣濕度的度量方式最為常見的方式是採用「相對濕度」，其定義為

$$\text{相對濕度 RH(\%)} = \frac{\text{實際空氣水蒸氣壓 } e}{\text{目前氣溫下空氣飽和水蒸氣分壓 } e_s}$$

目前許多感測器都是量測相對濕度，然而對農業蒸發散估算的領域來說，蒸氣壓差是更為重要的表示方式，其定義為

$$\text{蒸氣壓差 VPD} = \text{目前氣溫下空氣飽和水蒸氣分壓 } e_s - \text{實際空氣水蒸氣壓 } e$$

從以上兩式定義可以看出當空氣中水分減少時，蒸氣壓差VPD會增大，而相對濕度RH則減少。蒸氣壓差的單位為壓力mbar，實際上其物理的意義為水分蒸發的勢能，因此當空氣含水量少時，蒸氣壓差會較大，水分更容易蒸散至環境。蒸氣壓差在國外歐美國家是相當流行的溫室設施內空氣氣候指標參數，根據國外相關研究機構的推廣文獻資料，適合作物生長代謝的理想環境蒸氣壓差值大約介於7.5~10.5mbar之間。

由於一般市售感測器模組都是量測空氣的相對濕度，因此對於蒸氣壓差的方便使用會產生一些隔閡限制，但在已知氣溫及相對濕度的情況下，蒸氣壓差可以透過以下關係換算出來

$$\text{蒸氣壓差 VPD} = e_s(1 - \text{RH}/100)$$

其中飽和蒸氣壓 e_s 可以帶入聯合國世界氣象組織WMO所建議的Goff-Gratch公式。

在網路上可找到許多換算蒸氣壓差值的對照表，然而其參數範圍皆針對溫帶國家而設計，對於地處亞熱帶的臺灣來說，其用途不大。有鑑於此，本場針對臺灣氣候條件計算出一個方便快捷對照的曲線圖如下。使用者可利用此對照圖大約內插估算出對應的蒸氣壓差值，例如在氣溫29°C及相對濕度92.5%下的蒸氣壓差可從曲線圖得知約為3mbar。

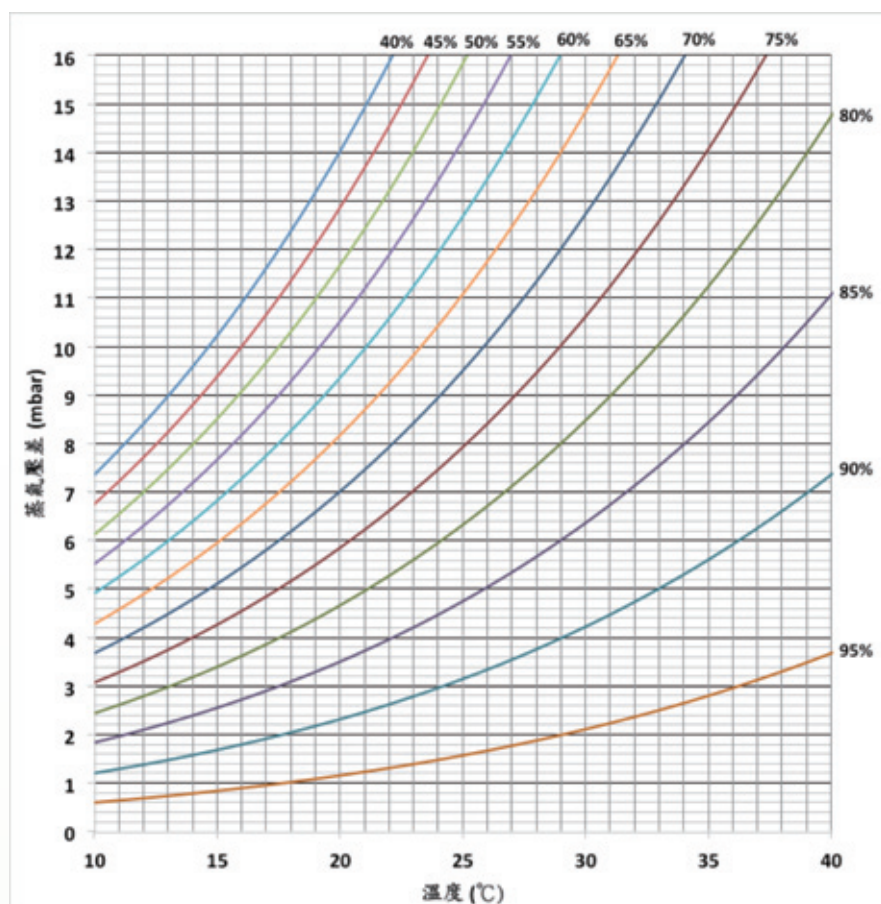


圖5.1 蒸氣壓差VPD與相對濕度RH快速對照的曲線圖 (本場自製)

5.1 蒸氣壓差與其他氣象參數的重要結合應用

當空氣溫度越高時，其單位體積可含水氣量 (指飽和水蒸氣) 就會越高 (注意其關係不成正比)，在白天空氣溫度較高時將會含有更高比例的水蒸氣，由濕度的定義可發現等到夜間空氣溫度降低時，相對濕度會拉高 (或蒸氣壓差降低)。在高濕度的情況下，植物葉面水分蒸散不易而影響生長代謝，此外在冬季晨間的低溫下有可能引致設施內水滴的結露，在結露不易快速蒸散掉的情況下很容易產生真菌類病害的孳長。從上述角度來看，降低設施內過高濕度及結露水的避免是提高生產效率的重要工作。濕空氣其密度會較乾燥空氣低，因此在設施內利用頂部通風或開天窗等方式有助益於濕度的降低。另外在冬季時也要注意設施內頂部的結露，並考量露水的排放設計。

良好的設施栽培需要有最合適的植物灌溉策略來控制設施內空氣濕度，因為蒸散至空氣的水分來自所施予灌溉，而能精準量測濕度、日照量及估算通風量為調整灌溉的重要回饋方式，為了讓讀者了解其中的交互關係需要介紹Penman公式，其為

$$\text{蒸散率} \propto \frac{11.57 \times A \times \text{日照量} \left(\frac{\text{瓦}}{\text{米}^2} \right) + \left(0.0425 + 0.0228 \text{ 風速} \left(\frac{\text{米}}{\text{秒}} \right) \right) \times \text{蒸氣壓差} (mbar)}{A + 0.0662}$$

其中 $A = \frac{711.3}{(273.15 + \text{氣溫})^2} \exp \left(21.07 - \frac{5336}{273.15 + \text{氣溫}} \right)$ ，舉例來說當氣溫攝氏30度時，則A約為0.248。

事實上，在白天陽光充裕的情況下，絕大部分的蒸散量都是日照能量所驅動；然而在夜間濕度高的情況下所有的蒸散作用都得靠風速及蒸氣壓差來驅動。在此所列的Penman公式主要是提供讀者一個合理科學依據來評估設施內的水分蒸散情況，並可以利用此來大致上規劃不同環境下的水分灌溉量及設計通風排氣需求以達到作物合適生長濕度條件，然而實際上的定量精確應用還得需要栽種者的細微調整。

5.2 濕度感測器類型

具有高精度及可靠度之濕度感測器對於環境濕度的監控及控制有著很重要的應用。目前市面上最普遍的濕度感測器皆基於濕度感應材料，其利用了感應材料的電容值、電阻或機械應變隨濕度變化的機制。然而，也因為濕度感應材料必須直接暴露於空氣中，其在高溫及高濕的環境中會隨著時間快速老化。一個高時間可靠度之濕度感測器會比初始準確值來的重要，在農業設施中高濕度及高化學污染的條件下，基於濕度感應材料的感測器需要半年定時不斷更換，以確保免除其快速老化所帶來的嚴重量測誤差。

乾濕球濕度計採用溫度感測器作為訊號輸入，由於溫度感應器能夠封裝隔離，因此無濕度感應材料受外界環境影響而老化問題。不過乾濕球濕度計需要加水及清洗或更換棉球，目前在可靠度要求極高濕度量測裝置，如交通部氣象局的定點氣象站或精密實驗室，都採用乾濕球式的濕度量測機制。在國外的農業溫室中，也大多使用乾濕球式的濕度量測，如圖5.2 Priva公司於溫室設施內所用之乾濕球式濕度計。



圖5.2 Priva公司所製乾濕球式濕度計

但由於乾濕球式濕度計成本較高且操作保養麻煩，現階段的電子溫濕度感測器絕大多數都採用感應材料式的感測器，在老化速度許可及願意定時更換的情況下，這樣的選擇是可接受的。

5.3 手搖式乾濕球量測驗證

在可靠專業的乾濕球量測電子儀器不容易取得的情況下，有許多國外的一些設施技術文獻建議可以使用手搖式乾溼球濕度計來做為設施內空氣濕度不定期的校驗，在下圖中分別為專業型手搖式及簡易自製型。其原理相單簡單，為將一根套有沾濕棉球的溫度計在空氣中快速甩動約一分鐘後即可目視讀取到濕球溫度。



圖5.3 專業手搖式乾濕球溫度計(左)及簡易自製型(右)

將乾球溫度 (亦即氣溫) 減掉所取得濕球溫度後可得到乾濕溫差值，又稱溼球降 (Wet Bulb Depression, WBD) 將乾濕溫差值套用到下面兩張對照曲線圖即可得到空氣的相對濕度值及蒸氣壓差值。手搖式乾濕球量測驗證提供一個暨簡單又極為可靠的空氣濕度量測方式，其能夠用來比對驗證現有的設施濕度量測系統是否有故障。

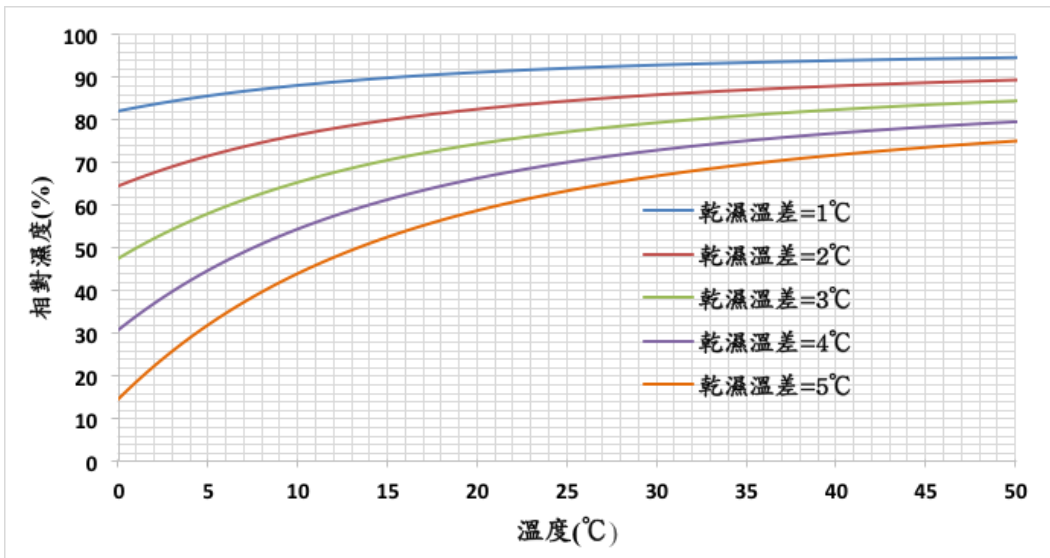


圖5.4 相對濕度RH與乾濕球溫差快速對照的曲線圖 (本場自製)

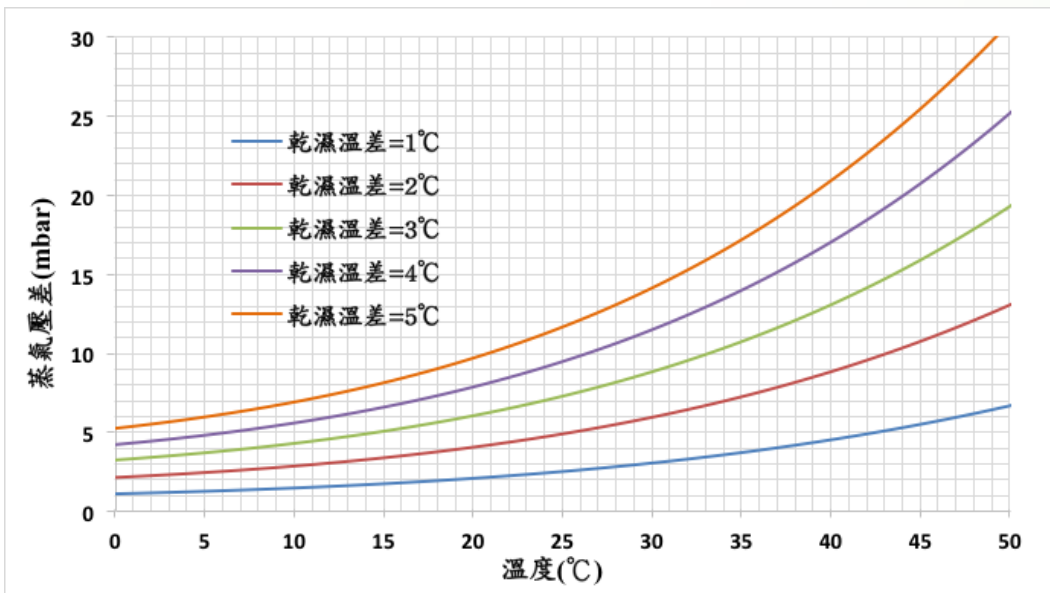


圖5.5 蒸氣壓差VPD與乾濕球溫差快速對照的曲線圖 (本場自製)

6 塑膠布溫室強風破壞型態

簡易鋸管塑膠布溫室因不具固定基礎，重量輕，先天上抗風性較弱，一般風速超過30m/s (約10級風) 即容易產生破壞。因溫室本身的結構型式，配置方位及溫室周圍地形、地貌等立地條件，強風破壞溫室的型態可分為4類，不同破壞型態均具有其基本破壞特徵。

6.1 側面橫向力破壞

插入地下的支柱沒有產生位移，上風側壁方向骨架支柱、屋面由外往內傾斜或彎曲變形。通常溫室周圍無障礙物，空曠地區比較容易發生，強風以垂直或一偏離角度直接往溫室側壁方向吹襲，在上風側壁形成側面橫向力破壞。受側向力破壞後，下風側屋面因氣流形成的負壓，有往上擠壓變形的現象，連棟溫室的情況，上風側棟比較容易遭受側面橫向力破壞，第二棟以後側面橫向力破壞的情況較為少見。



圖6.1 側面橫向力破壞

6.2 山牆面橫向力破壞

溫室骨架，從山牆面方向骨牌式傾斜、倒壞。空曠地區因溫室配置方位，或因溫室周圍地形、地貌產生風道，氣流往山牆面吹襲，造成山牆面橫向力破壞。

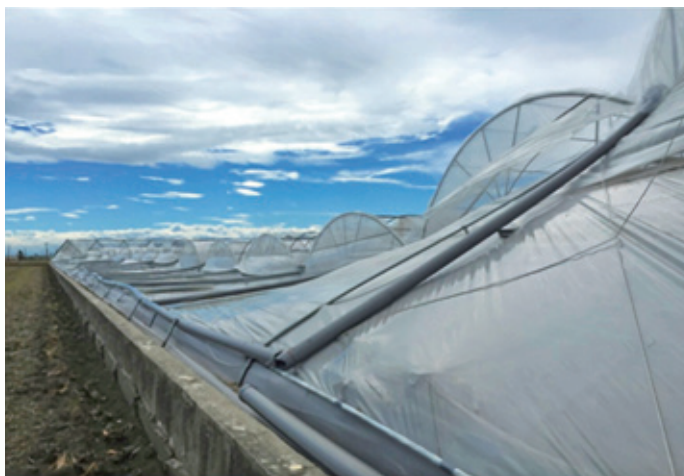


圖6.2 山牆面橫向力破壞

6.3 上揚力破壞

骨架由下往上揚起破壞，或基礎抬舉。插入地下的支柱沒有產生位移，骨架屋面自內往外的結構破壞；或插入地下支柱無變形整體抬起，產生骨架彎曲變形，皆為上揚力破壞。臺灣地區常見的破壞型態，對僅有屋頂面覆蓋，四周開放的遮雨棚，或溫室密閉性不夠，或塑膠布部分有破裂損傷的溫室，風灌進溫室後，由內往外側的氣壓升高，即容易產生上揚力破壞。



圖6.3 上揚力破壞

6.4 下降氣流破壞

屋面骨架從上方往下壓，下陷彎曲變形。溫室周圍有突起的地形地貌，如堤防、建築物等，當氣流接觸突起物，風向及強度產生變化，上昇氣流行進一段距離後，恢復原來風速下降，對遠離堤防、建築物的溫室形成下降氣流破壞。溫室群區的中間位置溫室，或連棟數多溫室的下風側棟數，也可見到因上風側溫室高度造成下降氣流，產生破壞的情況。

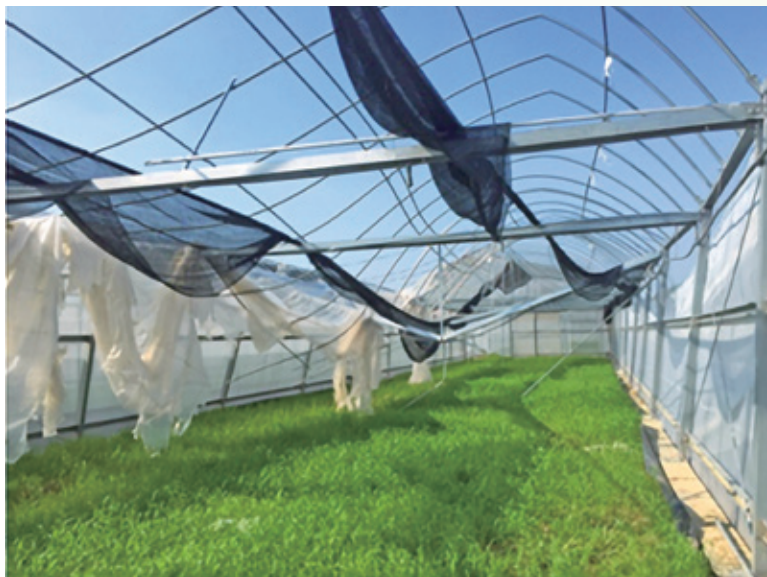


圖6.4 下降氣流破壞



→圖6.5 側向力破壞
 ➡上揚力破壞➡
 側向力破壞

↘圖6.6 上揚力破壞
 ➡下降氣流破壞



因氣流狀況，溫室有基本的破壞型態，在溫室破壞後的重建，須清楚遭遇的破壞型態，或溫室的新建前，對周邊地形、地貌產生的氣流，預測可能對新建溫室造成的破壞型態，作相對應的結構補強措施，以加強抗風性能。而於溫室破壞案例中，通常最終破壞的結果為2種或3種破壞型態的

綜合。如上揚力破壞+側向力破壞，上揚力破壞+下降氣流，或連棟溫室的下降氣流+側向力破壞。溫室結構的破壞，一般在某結構部位先行破壞，形成脆弱點後，再導引其他破壞型態或整體性的破壞。對於綜合性的破壞型態，對先行破壞型態的認知，作重點補強措施，為加強溫室抗風性能的重要關鍵。

7 溫網室抗風補強及防颶措施

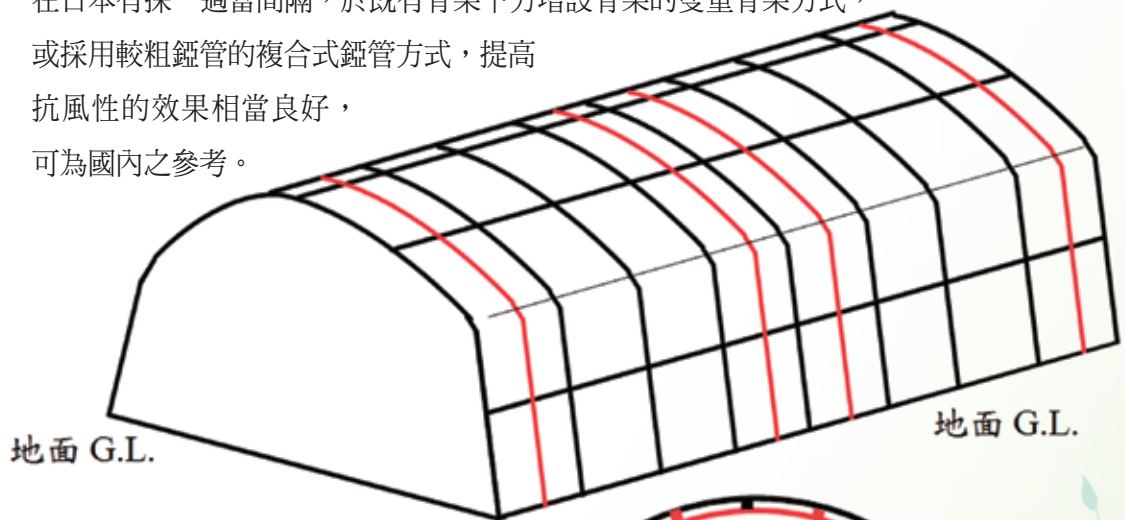
7.1 加強塑膠布溫室抗風性能的簡易補強措施

對不同的破壞型態，有相對應的補強措施。補強措施中，有些簡易方式，農家可自行購買材料施作，有些必須仰賴設施業者執行。不同補強措施，施作成本不同，所能達到的抗風性能也有所差異。

7.1.1 側面橫向力破壞的補強措施

側面橫向力破壞的原因為骨架銹管本身強度不足，或骨架間隔過大，骨架銹管強度不足以承載過量風壓。對此破壞可採用的補強措施有：

1. 新建溫室可採用較大尺寸的骨架銹管，或縮短骨架間隔，相對增加較多建造成本，但可有較充足的抗風性。在日本沖繩地區，有採用較粗銹管尺寸，可抗風速40~50m/s的案例。對舊有溫室的補強，可於受風力較大的位置，增加同尺寸或較大尺寸銹管的骨架。另外，在日本有採一適當間隔，於既有骨架下方增設骨架的雙層骨架方式，或採用較粗銹管的複合式銹管方式，提高抗風性的效果相當良好，可為國內之參考。



↑圖7.1 受風力較大位置，增加骨架

→圖7.2 雙層骨架補強

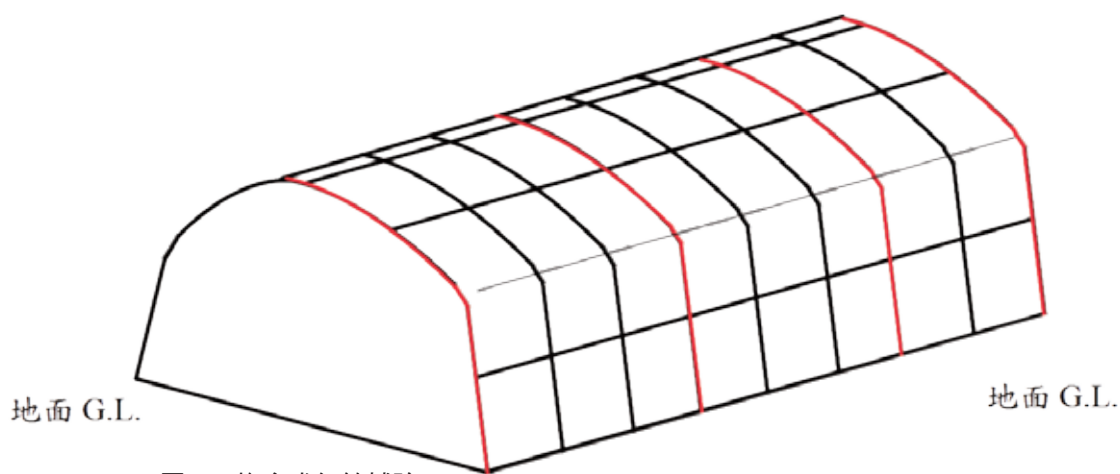


圖7.3 複合式鉸管補強

2. 橫樑的補強：新舊溫室均可，如圖在支柱上方屋頂面高 $1/4$ 處，增設橫樑也具有良好的抗風性。

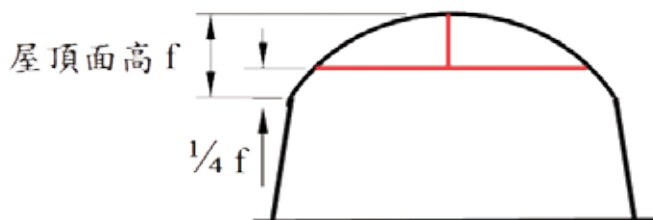


圖7.4 橫樑補強

7.1.2 山牆面橫向力破壞的補強措施

抵抗山牆面橫向力最有效的構件為斜撐，施作方法如二 (二) (6) 所述，對長度較大的溫室，如圖以30公尺的區間，設置10公尺的斜撐加強。

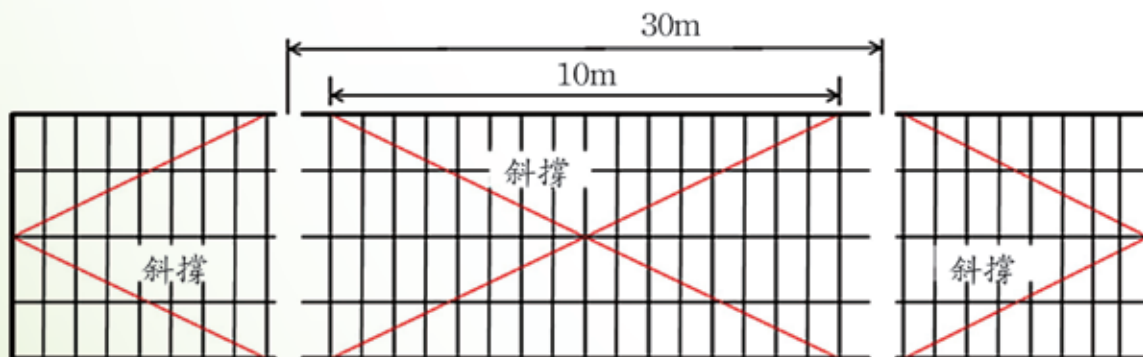


圖7.5 斜撐補強

7.1.3 上揚力破壞的補強措施

上揚力破壞為外界強風灌進溫室內，形成上昇氣流，溫室重量不足以抵抗氣流壓力，造成基礎往上抬舉。簡易補強措施可如二 (二) (7) 所述，利用地樑或錨定螺旋樁，結合土壤重量，增加溫室自重的簡易補強方式。另外出入口、捲簾、天窗等活動位置，加強結構緊固，於颱風期間加強溫室氣密性，也為有效的方法。

7.1.4 下降氣流破壞的補強措施

下降氣流形成破壞原因為屋頂強度不足，補強措施可如同側面橫向力破壞的補強措施，委託設施業者補強處理。

1. 防風網、防風柵的利用：

防風設施 (防風網、防風柵) 具有減風、整流及改變氣流方向的效果，在容易形成風道的位置，設置防風設施，減輕上風側溫室承受的風壓，對各種破壞型態均有防避或減緩的效果。防風設施的高度，原則上須高於溫室的高度。

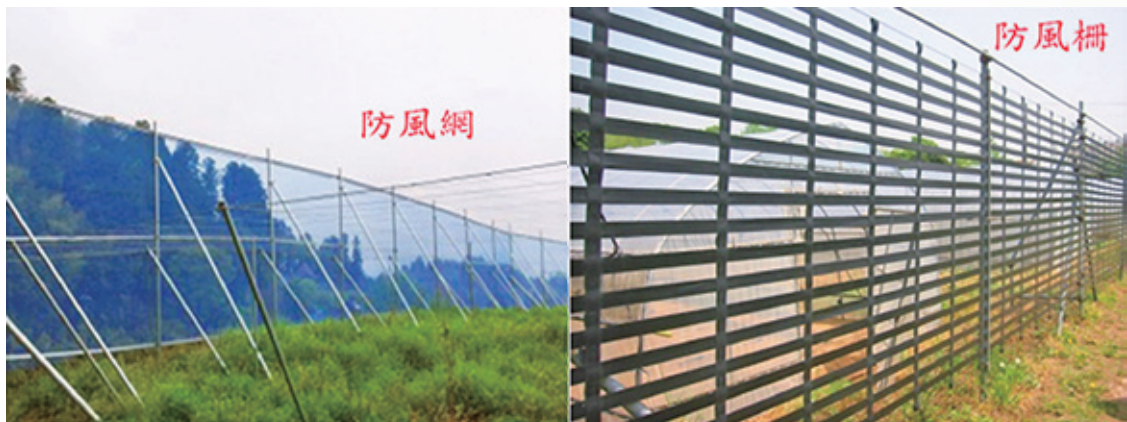


圖7.6 防風網／柵

2. 多棟相鄰溫室的補強：

對多連棟溫室或多棟溫室相鄰設置的情況，因強風氣流受溫室障礙影響，產生強度、方向的改變，對上風側與下風側不同位置的溫室，形成相異的受風型態。於多連棟溫室，上風側棟容易受側面橫向力及上揚力的破壞，強風氣流接觸到上風側棟障礙物，部分氣流形成上

昇收束加速氣流，經過一段行走距離後（大致為溫室柱高的15~20倍），回復原來風速下降，連棟數多的溫室，若下風側棟位於氣流下降位置，即容易受此下降氣流破壞。另外，對多棟溫室相鄰設置的情況，上下風側棟同於多連棟溫室，而因溫室棟間廊道所形成的風道效應，每棟均有受到上揚力作用。對多棟相鄰溫室，預先掌握可能的受風型態，施作前述的補強措施，以提高抗風性。

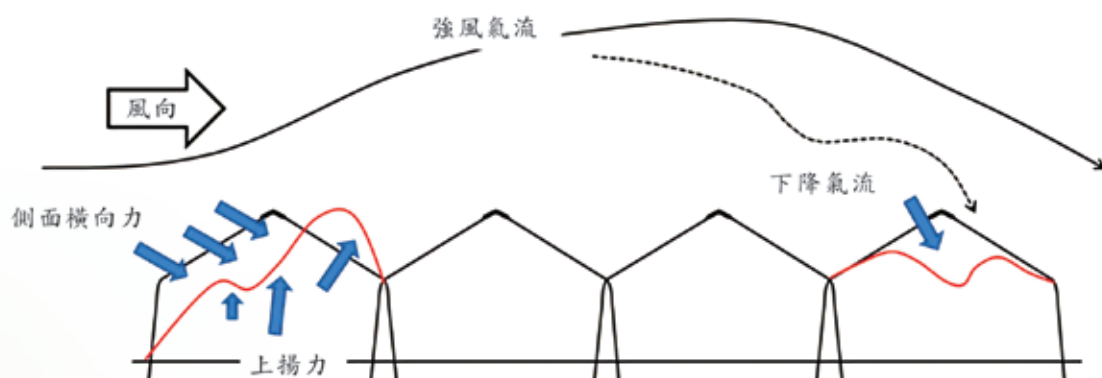


圖7.7 多連棟溫室容易遭受的破壞型態

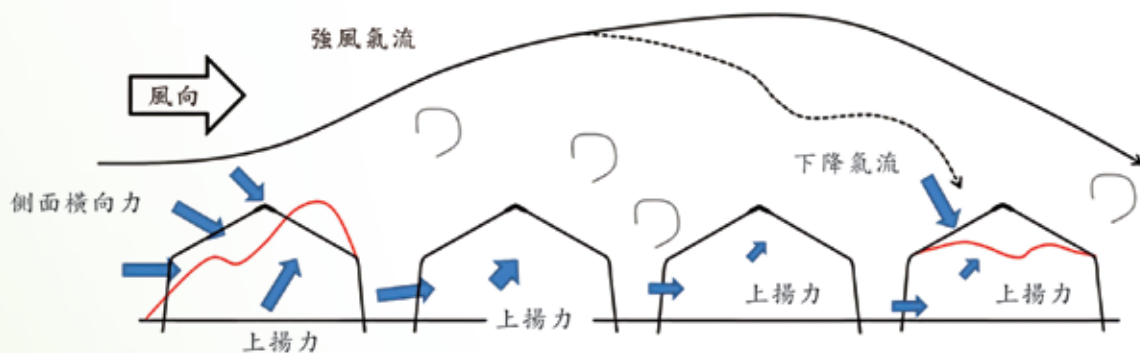


圖7.8 溫室相鄰設置容易受害的位置及破壞型態

7.2 塑膠布溫室防颶措施

簡易鋁管塑膠布溫室經由上述之原則搭建後，雖可提高抗風性能，但因本身簡易結構因素，颶風時仍有毀壞的憂慮，於颶風時須正確掌握氣象資訊，迅速執行防颶措施處理。對不同溫室條件狀況，防颶處理可有下列之措施：

1. 檢查塑膠布是否有破裂之情況，若有破損立即以專用修補塑膠布補修。
2. 檢查鉸管間彈簧夾等接合金具、固定塑膠布的塑膠夾、壓條是否有鬆脫，螺旋樁固定帶是否緊密固定。出入口、捲簾等活動裝置的補強，確實緊密固定。
3. 有預備斜撐、補強支柱時，於颱風警報發布後立即加以施作補強。
4. 溫室山牆面附近受風力較大，容易產生結構破壞或塑膠布破損，可利用防蟲網覆蓋方式(約2~3 m) 補強。溫室長度較大，同樣可以適當間隔覆蓋防蟲網(覆蓋面積愈大，效果愈佳)，可減緩塑膠布受風力，防止塑膠布拍打損壞，也有緊固捲簾裝置的效能。

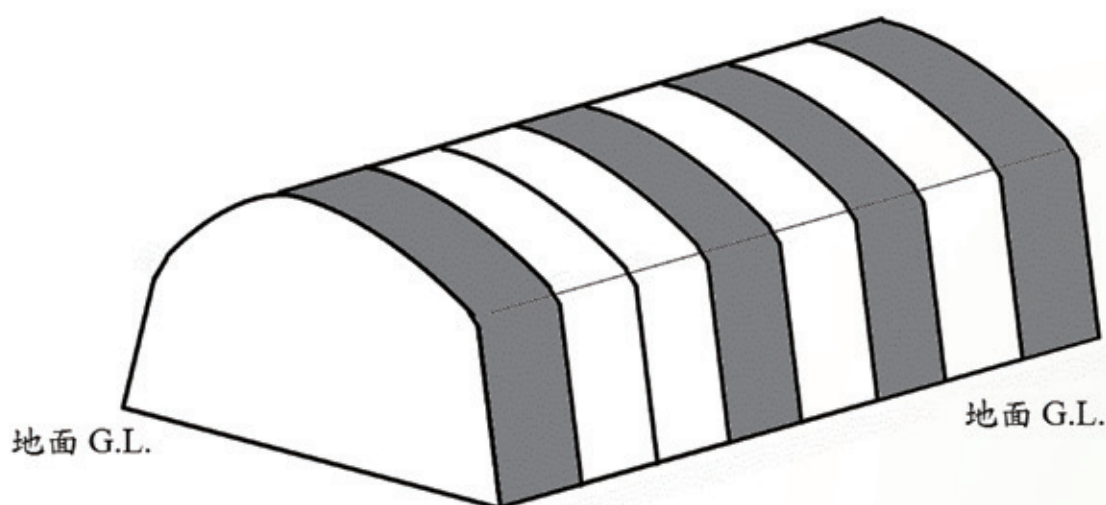


圖7.9 防蟲網覆蓋補強

5. 清掃溫室周邊環境，不致使強風吹襲之木片、樹枝，小石頭等破壞被覆塑膠布。
6. 天溝、及周邊排水溝雜物的清除，順暢排水處理。溫室基礎周圍積水，基礎土壤容易產生鬆動，強風下有產生基礎移位、下陷的現象，降低溫室的抗風性。
7. 塑膠布使用期間尚短的情況，利用塑膠夾、壓條盡量加強塑膠布的緊固，特別於兩端山牆面附近，提高溫室氣密性。對使用年數較長的塑膠布，可考慮割破移除，以保護溫室結構，溫室內作物若為比較矮小的情況，可於作物上方直接覆蓋防蟲網或不織布，防止作物受強風吹襲。
8. 溫室設有抽風扇的情況，可在強風時作動，減緩室內的氣壓。風速減弱後，即以關閉。



圖7.10 抽風扇作動減緩室內的氣壓

9. 強風後，立即檢查設施塑膠布、固定金具是否有破損、鬆脫之情況，必要時須迅速加以補修。
10. 經以上補強與防颱措施施作後，溫室還是有遭受破壞的可能，破壞過程為人力無法補救處理，在颱風通過期間，絕對禁止人員進入溫室內，避免溫室破壞時造成人員傷害。

參考文獻

1. 王鼎盛，設施園藝設計手冊 (1981)，行政院農委會補助，臺灣大學農業工程學系農業設施研究室編印。
2. 社團法人日本設施園藝協會 (2003)，五訂設施園藝ハンドブック。
3. 社團法人日本設施園藝協會 (2001)，園芸用施設安全構造基準 (暫定基準)。
4. 社團法人日本設施園藝協會 (1999)，園芸用鉄骨補強パイプハウス安全構造指針。
5. 周長吉，溫室工程設計手冊 (2007)，中國農業出版社。
6. JA全農 生産施設部 (2010)，施設園芸用ハウス 自然災害対策マニュアル
7. 渡辺パイプの施設園芸 総合カタログ (2014)。
8. ASABE STANDARDS (2011)。



國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

溫網室搭建要點與抗風措施 / 楊清富等作.

-- 臺南市 : 農委會臺南農改場,
民108.10

面 ; 公分

ISBN 978-986-5440-15-2 (平裝)

1.農作物 2.栽培 3.農業設施

434.2

108017123

書 名 | 溫網室搭建要點與抗風措施
作 者 | 楊清富、黃裕益、鍾瑞永、王志瑋、李健
審 稿 | 臺灣大學 方煒
發 行 人 | 鄭榮瑞
主 編 | 楊清富、許涵鈞、黃惠琳
出 版 機 關 | 行政院農業委員會臺南區農業改良場
地 址 | 712 臺南市新化區牧場70號
網 址 | <https://www.tndais.gov.tw>
臉書粉絲頁 | <https://www.facebook.com/tndais>
電 話 | (06)5912901
印 刷 | 農世股份有限公司
出 版 日 期 | 108年10月
編 印 本 數 | 3,000本
定 價 | 70元
展 售 書 局 | 國家書坊台視總店
臺北市松江路209號1樓 TEL:(02)25180207
五南文化廣場
臺中市中山路6號 TEL:(04)22260330轉36

G P N | 1010801709

I S B N | 978-986-5440-15-2 (平裝)



ISBN: 978-986-5440-15-2



9 789865 440152

GPN:1010801709

定價：新臺幣70元