

屋頂綠化 技術 手冊

| 內政部建築研究所 發行 |



序

由於都市快速發展，建築物更加密集，加上溫室氣體排放增加使暖化現象益形嚴重。都市更因不透水鋪面增加，工業、汽機車排放廢氣等問題而使熱島效應日益顯著，除了廣泛推行綠建築外，增加都市透水鋪面與提高綠化率成為重要的解決方案之一。然而，都市土地取得不易，大量增加綠化面積有其困難，故以立體植栽方式增加都市綠化面積已是國際間之發展趨勢。

尤其是臺灣位處亞熱帶，夏季建築物屋頂層隔熱一直是亟需解決的課題，部分民眾常以加蓋鐵屋頂方式因應，不僅影響都市景觀，甚至違反建管法令；部分地方政府雖已積極推動屋頂綠化作為，但卻缺乏屋頂綠化技術規範與正確施作工法，肇致施工不當、屋頂漏水等問題時有所聞。本所特於101、102年度辦理屋頂綠化工法及維護管理之研究，針對屋頂綠化規劃設計、工法技術及後續維護管理進行資料蒐集、評估與分析，研究成果也顯示，屋頂綠化對降低屋頂表面溫度、屋頂層室內溫度以及空調節能有很大的助益。

為推廣普及研究成果，讓地方政府以及一般民眾對「屋頂綠化」有更深入的了解，本所彙整相關研究成果、增加優良之案例照片圖說，編撰完成「屋頂綠化技術手冊」，以深入淺出之圖文介紹方式教導民眾，如何簡易完成自家屋頂綠美化，同時也提供相關技術工法與專業的細部圖說，可作為業界規劃設計時之參考，期能透過本手冊之出版，普及民眾與業界對於屋頂綠美化之認知以及提升屋頂綠化工程品質，減緩都市熱島效應並美化都市景觀，達到節能減碳與優化生活環境品質之雙贏目標。

內政部建築研究所 所長

何明錦 謹誌

2015年3月



目錄 CONTENTS

序..... 002

目錄..... 004

圖目錄..... 006

表目錄..... 013

第一章 全球都在推動綠屋頂 014

第一節 全球暖化 016

第二節 都市熱島 018

第三節 解決都市熱島效應的方法 022

第四節 綠屋頂效益 025

第二章 綠屋頂的第一個決定 034

第一節 綠屋頂施作基地的評估 036

第二節 綠屋頂之型式 042

一、薄層綠屋頂（Extensive green roof） 042

二、盆鉢型綠屋頂（Container-type green roof） 053

三、庭園型綠屋頂（Intensive green roof） 056

第三節 綠屋頂型式比較 063

第三章 綠屋頂的規劃設計 064

第一節 薄層綠屋頂 066

第二節 盆鉢型綠屋頂 073

第三節 庭園型綠屋頂 078

第四章 綠屋頂的成敗關鍵要素 088

第一節 建築與環境因素 090

第二節 綠屋頂構造因素 091

一、植栽選擇 091

二、介質種類 116

三、過濾材 127

四、（蓄）排水層 131

五、阻根層 134

六、防水層 135

七、灌溉作業 140

第三節 綠屋頂失敗的原因 145

第五章 指標案例深入介紹 146

第一節 新北市新莊國民運動中心 148

第二節 若山高空陽台種樹 158

第三節 台北博瑞達公司屋頂花園 168

第四節 新北市蘆洲忠義國小 178

第五節 林口佐賀社區盆鉢型屋頂農園 182

第六節 政治大學綠屋頂 188

附錄 196

一、推動綠屋頂的組織 196

二、政府鼓勵設置綠屋頂的法令與獎勵辦法 199

三、綠屋頂設計與施工準則 200

四、綠屋頂施作基地簡易評估表 206



圖目錄

圖1-1-1：天氣越來越熱，台北氣溫屢破新高	017	圖2-1-15：高雄七賢國中屋頂綠化	040
圖1-2-1：都市熱島效應	018	圖2-1-16：龍寶誠臻邸陽台花園	040
圖1-2-2：102年我國能源總供給結構及我國進口能源占比	019	圖2-1-17：若山陽台種大樹	040
圖1-2-3：都市裡的人行道大多是不透水鋪面組成	020	圖2-1-18：保綠植生盆利用雨水做底部給水，節省澆灌水電需求	041
圖1-2-4：都市環境裡不同材質的反射率	020	圖2-1-19：因未能定期檢查過濾網，造成滴灌管阻塞， 植栽死亡，雜草取代原有植栽	041
圖1-2-5：都市廢氣排放	021	圖2-1-20：因維養預算不足，而雜草叢生的綠屋頂	041
圖1-3-1：鋪瓷磚屋面與草皮表面溫度比較	023	圖2-2-1-1：新北市新莊國民運動中心（樹花園）	042
圖1-3-2：綠屋頂和立體綠化所打造的綠建築	024	圖2-2-1-2：北投圖書館	043
圖1-4-1：惠安區里民活動中心薄層綠屋頂	025	圖2-2-1-3：新北市稅捐處	043
圖1-4-2：透水鋪面可增加蒸散作用	026	圖2-2-1-4：大湖公園	044
圖1-4-3：基隆河道大佳河濱公園	026	圖2-2-1-5：嘉義市環保局焚化廠	044
圖1-4-4：新加坡環球影城	027	圖2-2-1-6：新北市三重臨江仙社區	045
圖1-4-5：裸露的屋頂上溫度高達50度	028	圖2-2-1-7：烏來泰雅博物館	046
圖1-4-6：綠屋頂上的溫度只有30度多一點	028	圖2-2-1-8：新北市蘆洲忠義國小	046
圖1-4-7：室內溫度降低3-5度	029	圖2-2-1-9：高雄亞熱帶低碳智慧生活應用科技與設計發展中心	047
圖1-4-8：日本大阪難波公園	029	圖2-2-1-10：舊金山加州科學館薄層綠屋頂	048
圖1-4-9：新加坡KTPH醫院陽台綠化	030	圖2-2-1-11：新加坡環球影城	048
圖1-4-10：大安區公所綠屋頂	032	圖2-2-1-12：加拿大多倫多市政廳	049
圖1-4-11：竹北賴宅的屋頂花園，是屋主夫妻倆閒暇賞花弄草的場所	032	圖2-2-1-13：新加坡KTPH醫院屋頂農園	049
圖1-4-12：大鵬里社區	033	圖2-2-1-14：波特蘭路易莎社區	050
圖1-4-13：竹城佐賀社區屋頂農園	033	圖2-2-1-15：德國Schlossle Galerie Pforzheim購物中心綠屋頂	050
圖2-1-1：鐵皮屋照片（新竹舊玻璃工廠）	036	圖2-2-1-16：紐約曼哈頓高線公園	051
圖2-1-2：女兒牆太矮	036	圖2-2-1-17：法國巴黎香柏禧區	051
圖2-1-3：排水孔數量不足	036	圖2-2-2-1：大鵬里社區（育材提供）	052
圖2-1-4：屋頂涼亭照片（設置涼亭需申請建築許可）	037	圖2-2-2-2：成大魔法學校綠屋頂	053
圖2-1-5：老舊的屋頂一般防水層已被破壞	037	圖2-2-2-3：台達電子南科廠（當代）	053
圖2-1-6：屋頂太平坦無洩水坡度，水積在屋頂上	037	圖2-2-2-4：育材公司頂樓菜園	054
圖2-1-7：老舊建物的女兒牆低矮（＜130公分），屋頂載重較低	038	圖2-2-2-5：新莊中華電信頂樓菜園	054
圖2-1-8：利用閉水測試確保防水層完好，無漏水	038	圖2-2-2-6：台北行政院農委會（綠達人）	055
圖2-1-9：大安區公所屋頂薄層綠化	038	圖2-2-2-7：台北萬華國中屋頂農園	055
圖2-1-10：烏來泰雅博物館屋頂綠化	039	圖2-2-3-1：若山（半畝塘）	056
圖2-1-11：行政院農委會盆鉢型綠屋頂	039	圖2-2-3-2：台北博瑞達露臺花園	057
圖2-1-12：三重仁義大樓屋頂薄層綠化（全日照綠屋頂）	039	圖2-2-3-4：龍寶誠臻邸（樹花園）	058
圖2-1-13：亞熱帶低碳智慧生活應用科技與設計發展中心 （日照不足綠屋頂）	039	圖2-2-3-5：技嘉科技生態綠屋頂	058
圖2-1-14：北投圖書館屋頂薄層綠化	040	圖2-2-3-6：屋頂花園	059



圖2-2-3-7：屋頂花園	059
圖2-2-3-8：新加坡邱德拔醫院（KTPH）	060
圖2-2-3-9：新加坡邱德拔醫院（KTPH）	060
圖2-2-3-10：義大利米蘭「垂直森林」	061
圖2-2-3-11：新加坡皮克林皇家花園酒店	061
圖2-2-3-12：日本難波公園	062
圖2-2-3-13：新加坡金沙酒店	062
圖3-1-1：薄層綠屋頂結構圖	066
圖3-1-2：薄層綠屋頂施作流程	066
圖3-1-3：角隅圓弧狀處理方式	067
圖3-1-4：落水頭施工圖	067
圖3-1-5：閉水測試	068
圖3-1-6：植物根系竄入建築體	068
圖3-1-7：蓄排水版	069
圖3-1-8：薄層綠屋頂女兒牆收邊、排水天溝及防水施工圖	069
圖3-1-9：排水設計原則	070
圖3-1-10：植生不織布鋪設情形	071
圖3-1-11：鋪設晶曜石做過濾層	071
圖3-1-12：屋頂輕質土鋪設情形	072
圖3-1-13：信義區惠安區里民活動中心綠屋頂	072
圖3-1-14：信義區惠安區里民活動中心綠屋頂	072
圖3-2-1：中華電信頂樓菜園	073
圖3-2-2：盆鉢型綠屋頂結構圖	073
圖3-2-3：盆鉢型綠屋頂的施作流程	074
圖3-2-4：屋頂閉水檢測	074
圖3-2-5：盆鉢底腳可避免長期積水	075
圖3-2-6：保綠植生盆的底部儲水設計，可儲水7公升， 置於戶外時可將雨水收集，再利用吸水帶底部給水	076
圖3-2-7：植生沸石，適量混拌至土壤內可吸附陽離子，減少施肥次數 ..	076
圖3-2-8：圓山飯店露臺花園	077
圖3-3-1：庭園型綠屋頂	078
圖3-3-2：庭園型綠屋頂結構圖	080
圖3-3-3：庭園型綠屋頂的施作流程	080
圖3-3-4：防水層施作中	081
圖3-3-5：樹穴花台型磐地式支架施工圖	082
圖3-3-7：樹穴排水檢測孔	083

圖3-3-8：以植生陶石做填充的蓄排水層，抗壓又保水	083
圖3-3-9：排水系統設計原則	083
圖3-3-10：以陶石、保綠人造土、腐植土等混拌而成的輕質土， 具透氣排水、保水保肥的功能，適用於綠屋頂	084
圖3-3-11：日本難波公園複層植栽設計	086
圖3-3-12：以磐地式支架固定土球	086
圖3-3-13：若山陽台種大樹一景	087
圖3-3-14：大湖公園斜屋頂壟溝現象	087
圖4-1-1-1：建築與環境	090
圖4-2-1-1：高雄前金國中屋頂薄層綠化用草花增添景觀趣味	091
圖4-2-1-2：佐賀社區屋頂農園增進居民的互動交流	105
圖4-2-1-3：高樓風勢強勁且風向多變	109
圖4-2-1-4：排水不良造成積水不散	109
圖4-2-2-1：混拌的輕質土壤	117
圖4-2-2-2：泥炭土	119
圖4-2-2-3：椰纖	119
圖4-2-2-4：蛇木屑	120
圖4-2-2-5：碳化稻殼	120
圖4-2-2-6：晶曜石	121
圖4-2-2-7：晶曜石	121
圖4-2-2-8：植生沸石	122
圖4-2-2-9：蛭石	122
圖4-2-2-10：真珠石	122
圖4-2-2-11：植生陶石	122
圖4-2-2-12：砂土	123
圖4-2-2-13：保綠人造土混拌土壤照片	123
圖4-2-2-14：發泡煉石	123
圖4-2-2-15：岩棉	123
圖4-2-2-16：紅磚粒	123
圖4-2-2-17：盆鉢型綠屋頂植栽覆土情形	124
圖4-2-3-1：於排水板與介質層之間鋪植生不織布作為過濾層	127
圖4-2-3-2：植生不織布	127
圖4-2-3-3：落水頭以不織布包覆，防止土壤或異物流入落水頭造成堵塞	127
圖4-2-3-4：植生不織布作為排水層與植栽介質之間的濾材	127
圖4-2-3-5：黑曜岩	128
圖4-2-3-6：經高溫發泡製成的晶曜石	128

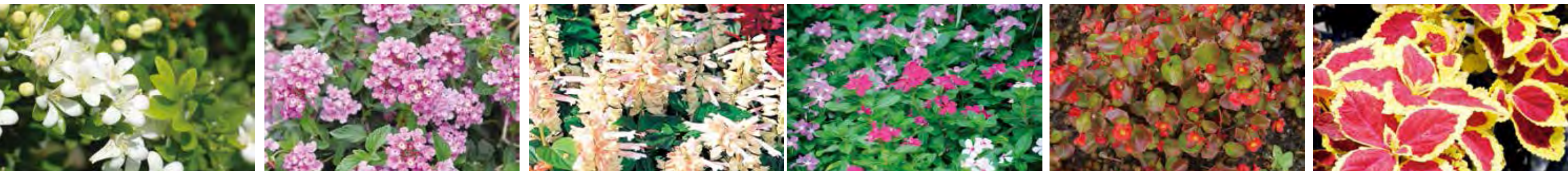


圖4-2-3-7：晶曜石鋪於排水層上作為濾材，可將介質與植物根系阻隔， 將多餘水分往下排出	128
圖4-2-3-8：以晶曜石作為濾材，填充於雙層HDPE排水管之間， 防止介質與植栽根系竄入，破壞、阻塞排水管	128
圖4-2-3-9：將酸素管垂直擺入樹穴中，可提供植栽根系氧氣， 改善植物缺氧情形	129
圖4-2-3-10：酸素管排列形成排水管，引導排水	130
圖4-2-3-11：酸素管沿植穴底部四周排列，引導排水	130
圖4-2-3-12：落水頭防護	130
圖4-2-4-1：陶石作為蓄排水板的填充材，可達到耐壓排水功能	131
圖4-2-4-2：酸素管作為排水口的過濾材	131
圖4-2-4-3：排水板緊密接合鋪設	131
圖4-2-4-4：保綠植生盆排水情形	132
圖4-2-4-5：排水板	133
圖4-2-4-6：蓄排水板	133
圖4-2-5-1：防水斷根毯施作情形	134
圖4-2-5-2：導根板剖面圖	135
圖4-2-5-3：植生導根板	135
圖4-2-5-4：導根板施作情形	135
圖4-2-6-1：以水泥砂漿鋪於塗佈防水層上的剛性防水工法	136
圖4-2-6-2：屋頂樓板與女兒牆交界處以水泥塗抹成圓弧狀	136
圖4-2-6-3：防水層塗佈前置作業—素地高壓水槍清洗	136
圖4-2-6-4：防水層塗佈前置作業—素地龜裂修補	136
圖4-2-6-5：聚尿施工情形	139
圖4-2-7-1：不同類型之滴灌噴頭	140
圖4-2-7-2：預先配埋滴灌管	141
圖4-2-7-3：噴灌噴頭與操作情形	141
圖4-2-7-4：植生盆所組成的盆鉢式綠屋頂底部可儲存7公升的水，上方再以水 平隔板以及植生不織布將介質隔開，達到水土分離的效果	142
圖4-2-7-5：蓄排水板可兼具排水與底部儲水的功能，可用於屋頂薄層綠化	142
圖4-2-7-6：底部給水與滴／噴灌給水的比較圖	144
圖4-3-1：日本綠屋頂主要失敗原因	145
圖5-1-1：新莊國民運動中心	148
圖5-1-2：新莊國民運動中心綠化斜屋頂	150
圖5-1-3：新莊國民運動中心模擬圖	150
圖5-1-4：導流樁施工剖面圖	152
圖5-1-5：阻隔土壤和植栽因大雨滑坡的導流樁	153

圖5-1-6：防水斷根毯施作情形	153
圖5-1-7：沖孔鋁板	153
圖5-1-8：鋪設排水板	154
圖5-1-9：在植生不織布與介質之間鋪上高保水力的岩棉	154
圖5-1-10：酸素管施作	155
圖5-1-11：覆土	155
圖5-1-12：預埋滴灌管	155
圖5-1-13：新莊國民運動中心植栽配置圖	155
圖5-1-14：植栽毯鋪設情形	156
圖5-1-15：施工完成	156
圖5-1-16：2年後的綠屋頂	157
圖5-2-1：從自家樓層可看到樓下的陽台大樹，開窗即見自然， 這就是若山想要帶給人們的感動	159
圖5-2-2：新竹若山建築全景	160
圖5-2-3：由室內往陽台望去的一景	161
圖5-2-4：若山陽台種大樹	161
圖5-2-5：預鑄水泥柱	162
圖5-2-6：鋪設排水板	162
圖5-2-7：晶曜石與酸素管鋪設	162
圖5-2-8：導根板施作與接縫黏合	163
圖5-2-9：落水頭與檢修孔防護	163
圖5-2-10：磐地式支架於預鑄水泥墩柱與點焊鐵絲網上固定	164
圖5-2-11：混拌之輕質土壤	164
圖5-2-12：陽台植栽配置平面圖	165
圖5-2-13：將樹木假植於案場附近，以根控盆培養鬚根生長	166
圖5-2-14：三點式吊運移植作業	166
圖5-2-15：吊運至陽台後，以綁帶將土球固定於磐地式支架上	167
圖5-2-16：從自家樓層可看到樓下的陽台大樹，開窗即見自然， 這就是若山想要帶給人們的感動	167
圖5-3-1：博瑞達公司露臺花園完工照	168
圖5-3-2：博瑞達公司未施工前露臺	170
圖5-3-3：陽台設計平面配置圖	170
圖5-3-4：水池邊黃金串錢柳與鳶尾花等植栽配置	171
圖5-3-5：閉水測試	172
圖5-3-6：放樣	172
圖5-3-7：焊接C型鋼	172
圖5-3-8：木平台架設完成	172



圖5-3-9：落水頭防護	173
圖5-3-10：沖孔鉛板施作情形	173
圖5-3-11：酸素管做空氣斷根與過濾材	173
圖5-3-12：排水板上鋪設植生不織布	173
圖5-3-13：植栽定植完成全景	174
圖5-3-14：以磐地式支架固定喬木	174
圖5-3-15：清理案場，完工	175
圖5-3-16：水池啟用	175
圖5-3-17：完工一景	175
圖5-4-1：忠義國小屋頂薄層綠化設計模擬圖	180
圖5-4-2：未施工前的屋頂空地	180
圖5-4-3：民眾觀賞屋頂植栽生長情形	180
圖5-4-4：在都市叢林中的一塊清幽綠地	181
圖5-4-5：施工完成後2年重返基地探視	181
圖5-4-6：雜草茂盛	181
圖5-5-3：佐賀社區屋頂菜園全景	184
圖5-5-4：社區居民共同維護屋頂菜園	185
圖5-5-5：增加社區居民的互動交流	186
圖5-5-6：收成新鮮蔬果	186
圖5-5-7：防水層塗佈	187
圖5-5-8：防水塗佈完成	187
圖5-5-9：栽植箱組裝	187
圖5-5-10：滴灌管配置	187
圖5-5-11：定期自動澆灌系統	187
圖5-6-1：政治大學綠屋頂植栽建議圖	190
圖5-6-2：政治大學綠屋頂	190
圖5-6-3：鋪設排水板	192
圖5-6-4：鋪設不織布作為過濾層	192
圖5-6-5：覆土	192
圖5-6-6：依據規劃設計圖種植栽	193
圖5-6-7：完工後的綠屋頂	193
附錄圖1-1：WGIN網站首頁	194
附錄圖1-2：Green City in the World一書	194
附錄圖1-3：WGIN會員國全球分佈圖	194
附錄圖1-4：台灣綠屋頂暨立體綠化協會logo	196

表目錄

表1-3-1：台灣各種植栽單位面積CO ₂ 固定量	009
表2-2-1：薄層綠屋頂國內外代表作	029
表2-3-1：綠屋頂型式比較	063
表3-2-1：常見盆鉢容器	075
表3-3-1：不同植物種類之介質深度建議標準	085
表4-2-1-1：多肉植物類之生長特性與適種地區	092
表4-2-1-2：地被植物類之生長特性與適種地區	094
表4-2-1-3：灌木類之生長特性與適種地區	098
表4-2-1-4：香草植物類之生長特性與適種地區	100
表4-2-1-5：臺灣原生植物類之生長特性與適種地區	102
表4-2-1-6：草坪植物之生長特性與適種地區	104
表4-2-1-7：蔬菜類之生長特性與適種地區	106
表4-2-1-8：草花類之生長特性與適種地區	107
表4-2-1-9：藤蔓植物類之生長特性與適種地區	110
表4-2-1-10：灌木類之生長特性與適種地區	112
表4-2-1-11：喬木類之生長特性與適種地區	114
表4-2-2-1：薄層綠屋頂介質之理化特性理想標準	118
表4-2-2-2：無土介質分類與種類	119
表4-2-2-4：盆鉢型綠屋頂介質之理化特性理想標準	124
表4-2-2-5：無土介質分類與種類	125
表4-2-2-6：常用盆栽介質類型與配製比例參考	125
表4-2-2-7：庭園型綠屋頂介質之理化特性理想標準	126
表4-2-3-1：晶曜石與真珠石之比較	129
表4-2-5-1：防根材料類型	134
表5-6-1：植栽種類與特性	190
附錄表1-1：WGIN會員國、會員代表人及其組織名稱表	196
附錄表2-1：各縣市相關綠建築自治條例總表	197
附錄表4-1：綠屋頂施作基地簡易評估表	206

一處面積 3 公頃的綠地，就能讓周邊氣溫下降 0.5℃ 以上，
而 1 公頃的樹木，每年可吸收 67 噸灰塵。
緩和都市熱島效應的最好方法，就是在都市裡創造綠洲，
而打造綠屋頂是減少都市熱島效應最容易的辦法。

屋頂綠化技術手冊

屋頂綠化技術手冊

Green Roof



Green Roof



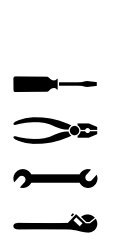
©內政部建築研究所 發行



內政部建築研究所 發行

屋頂綠化技術手冊

Green Roof



Green Roof



CHAPTER 1

全 球 都 在
推 動 綠 屋 頂



第一節 全球暖化

■ 地球暖化造成氣候變遷

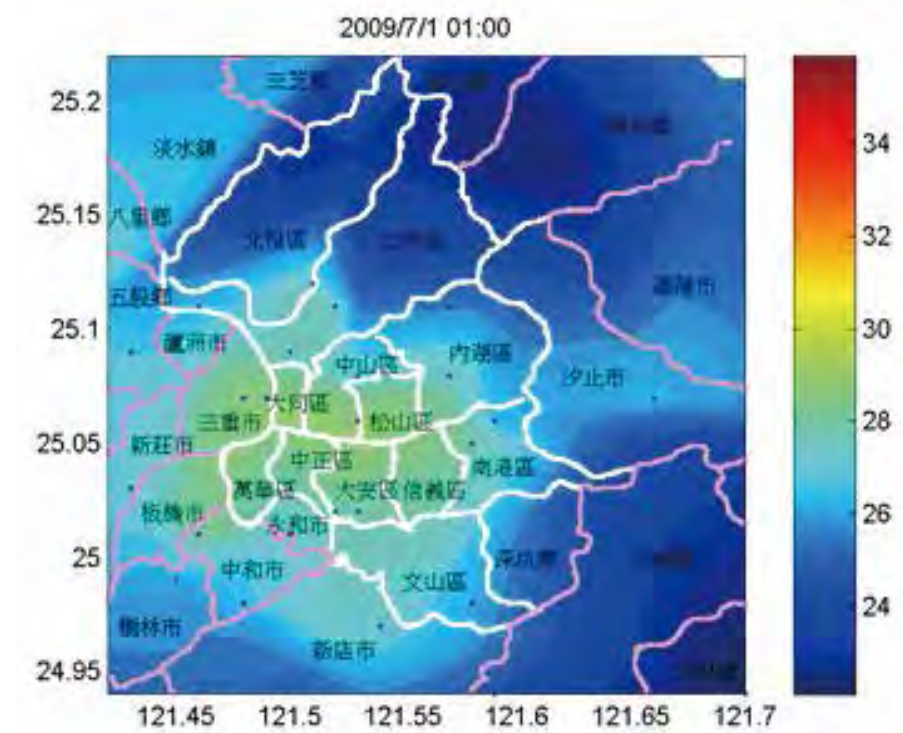
全球暖化（Global warming）係指一段時間中，地球的大氣和海洋因溫室效應造成溫度上升的氣候變化現象，其所造成的效應稱之為全球暖化效應，20世紀（1906-2005年）全球平均溫度的上升幅度約為一百年上升0.74度。

為改善地球暖化的情形，1997年在日本京都所召開的「京都協議」會議中，即採取「減緩」之策略；在2005年實施之「京都議定書」，規範溫室氣體之排放量須在2008至2012年間降至1990年排放水準至少再減5%。而後自1995年起每一年召開之聯合國氣候變化綱要公約會議（COP），針對減量目標設定及產業部門減量協定等重要議題討論，並在2009年哥本哈根氣候大會上取得共識，以溫度變化控制在2℃以內為目標，「哥本哈根議定書」因而誕生，取代2012年到期的「京都議定書」。2013年COP19於波蘭華沙召開，決議各締約國需在2015年第1季前提交二氧化碳減量貢獻，以利於法國巴黎舉行COP 21時進行最後磋商工作，「永續發展」已成為國際間重要的課題。



■ 氣溫一年比一年熱，20世紀台灣都會區之百年均溫為全球的2倍全球的2倍

台灣雖非締約國，但身為地球村成員，亦應善盡環境保護之責任。根據中央氣象局的資料顯示，全台灣地區之平均溫度與過去百年（1901年至2000年）相比上升約0.8℃，都會區則是上升了1.4℃，較全球百年平均溫度之上升幅度高出近2倍之多；造成氣溫如此劇烈的變化是因為近年來人口持續往都會區集中，隨著都市的成長開發，原有可透水的植栽綠地減少，建築物以及柏油道路等高蓄熱構造物增加所致，導致臺灣的都市熱島效應現象十分的嚴重，要如何減緩都會地區因為熱島效應造成的氣溫不斷上升以及氣候變遷等現象，儼然成為國內環境永續發展重要的議題。



↑大台北地區熱地圖。

使用中央氣象局觀測站、自動氣象站、環保署空品測站之溫度資料繪製而成。

（資料來源：天氣風險管理開發。http://www.tenki.tw/topic_hot/know2.php）

第二節 都市熱島

- 都市地區為什麼更熱？原因就在於都市熱島效應。
- 整個台灣氣溫暖化在都市化密集的中心地區，它的平均溫度還會比郊區高個3到5度，熱度到了晚上，也很難散去。

一、熱島效應

熱島效應是一個自1960年代開始，在世界各地大城市所發現的一個地區性氣候現象。具體來說，無論從早上到日落以後，城市部份的氣溫都比周邊地區異常的高，並容易產生霧氣。利用人造衛星從高空以紅外線拍攝地球，發現了照片中的城市地區的溫度有著很明顯的差異，看起來城市部份就好像在周邊地區的一個浮島，我們稱它都市熱島效應。

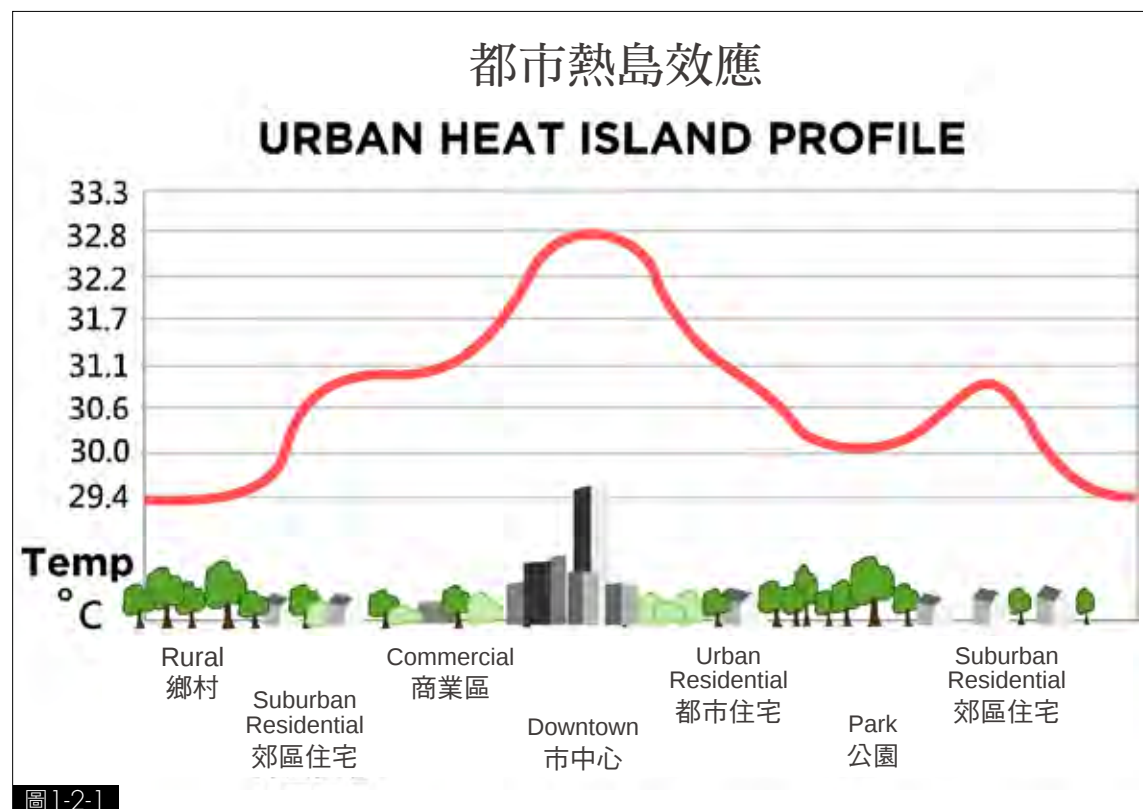


圖1-2-1

↑ 都市熱島效應。

(圖片來源：<http://www.crh.noaa.gov/lx/?n=heatsafety-childrenandvehicles>)

二、都市熱島效應的影響

溫度上升，增加夏天冷氣及電扇等相關電器的使用量，導致用電量增加，對目前整體能源98%依賴進口（參見圖1-2-2）的台灣而言，這是非常值得擔憂與改善的問題。

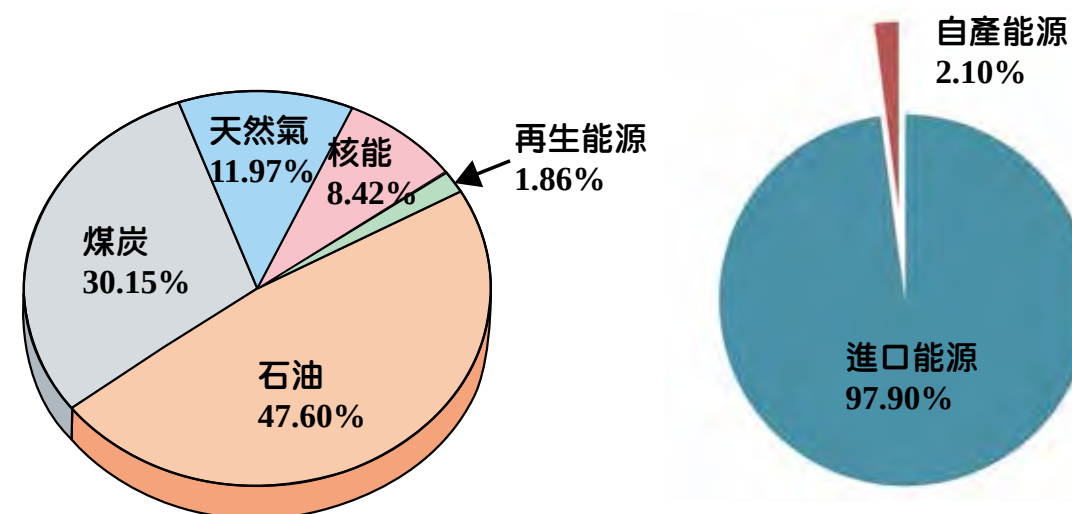


圖1-2-2

↑ 102年我國能源總供給結構及我國進口能源占比。

(圖片來源：2014年，全國能源會議秘書處「全國能源會議辦理專題報告」)

三、都市熱島效應形成的原因

1 綠地的減少

- A. 植物的蒸散作用最能夠帶走空氣中的熱量。
- B. 一克的水，蒸發為水蒸氣，需要539 卡的熱量，可帶走極大的熱。
- C. 大樹、灌木、草花草皮都可以為環境降低溫度。因為這些透水的材質都可以利用毛細現象，把地底下的水拉到地表來做蒸散。蒸散可以降低溫度，就像人體流汗就可以降溫一樣。

2 地表不透水鋪面的增加

都市化的結果，常常是把樹砍掉，綠地改成水泥、河道或排水溝加蓋。把濕地填平，讓水份不能蒸散，帶不走熱量。即使有廣場、車道、人行道，也多是水泥的不透水鋪面。不然就是透水鋪面貼在水泥地上，地下的水是上不來的，自然也帶不走地表的熱能。



圖1-2-3

←都市裡的人行道大多是不透水鋪面組成。

3 都市建築物使用鋼筋、水泥、玻璃等蓄熱的材料

白天被太陽幅射，這些材質表面的溫度可以高到五、六十度以上。到了夜晚，這些材質會散發白天儲存的熱，馬路鋪面也一樣。但散熱溫度不快所以及地面上的溫度過不會很快降下來。

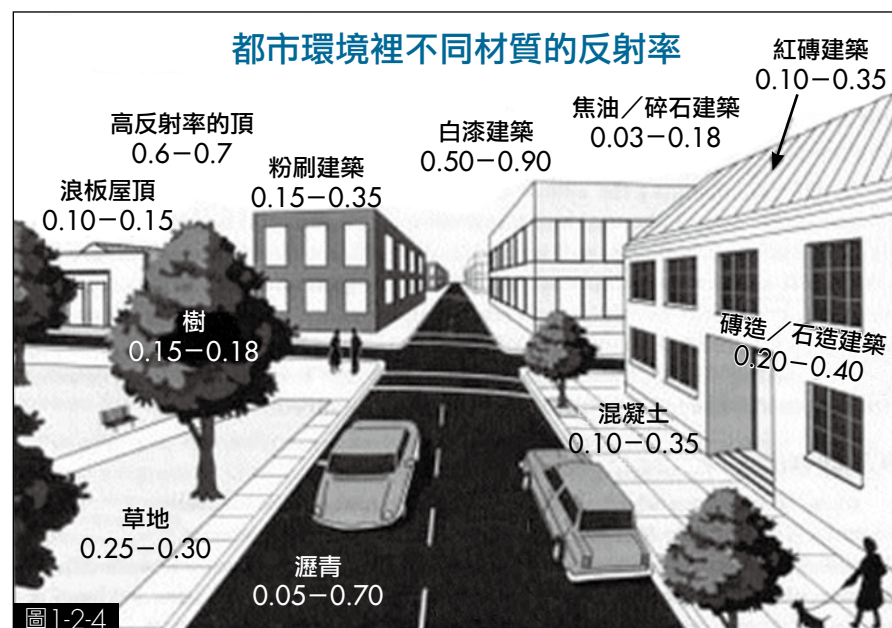


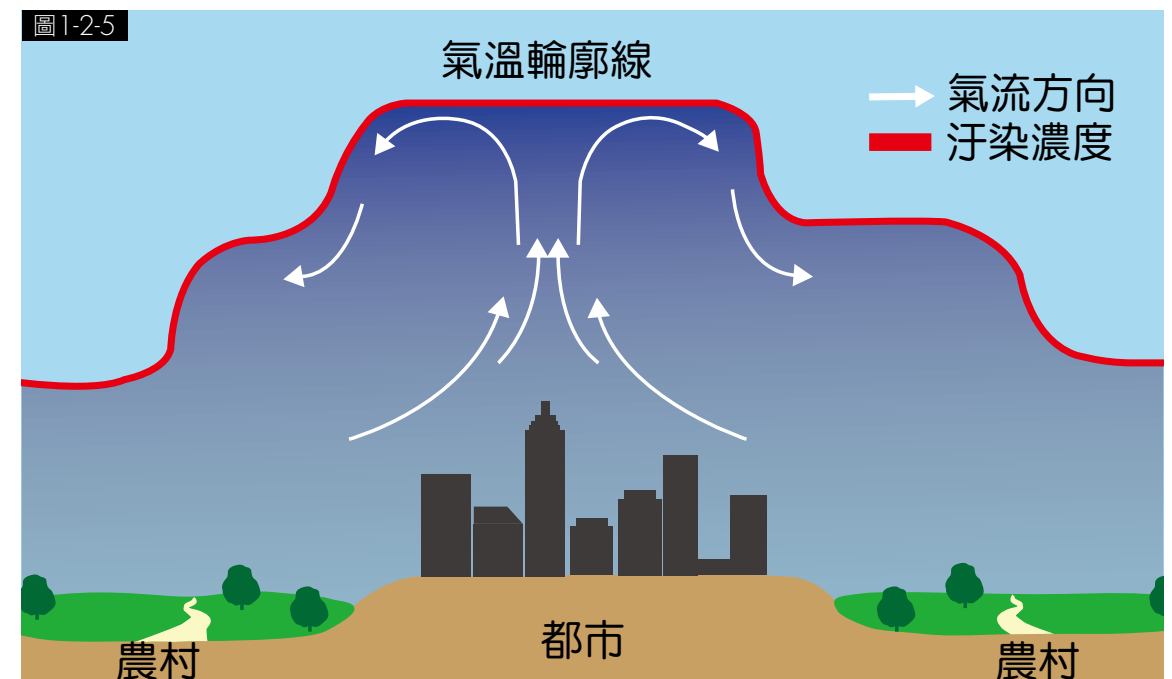
圖1-2-4

↑都市環境裡不同材質的反射率。

由圖可得知其反射率，通常用0-1的範圍來表示（0為最熱，1為最冷）。如瀝青相較於草皮表面明顯熱上許多。（圖片來源：http://weather.msfc.nasa.gov/urban/urban_heat_island.html）

4 汽機車所排放的廢氣，以及空調系統所引起的熱排放，造成都市中的空氣比較熱

都市排放大量廢氣，造成空氣污染。



↑都市廢氣排放。

5 都市建築物蓋得太密集，造成屏風效應

通風不良，散熱不易。沒有風，空氣無法流動，整個熱空氣向上升，形成一道熱牆，讓郊區的冷空氣無法進來。沒有風的流動，髒空氣和水氣會被困在都市裡。不只熱，還悶而且濕！讓夏季的體感溫度超過五十度。再加上各種廢氣和懸浮微粒會在高溫下形成有毒物質。

第三節 解決都市熱島效應的方法

■ 緩和都市熱島效應的最好方法，就是在都市裡創造綠洲。

■ 研究顯示，一處面積3公頃的綠地，就能讓周邊氣溫下降0.5℃以上，而1公頃的樹木，每年可吸收67噸灰塵。

一、多種有樹蔭的大樹

1. 每一棵樹就像一台大型的冷氣機一樣，阻擋陽光的幅射，蒸散作用也可以大幅的降溫。
2. 吸收二氧化碳，改善溫室效應，降低路面的吸熱。
3. 吸附煙塵以及二氧化碳。

二、多採用透水性的鋪面，使雨水流入地下，回補地下水

透水性鋪面讓水流入地下，配合地下雨水回收系統，既可滯洪，又可再利用。

三、風生水起

風：把熱空氣帶走。

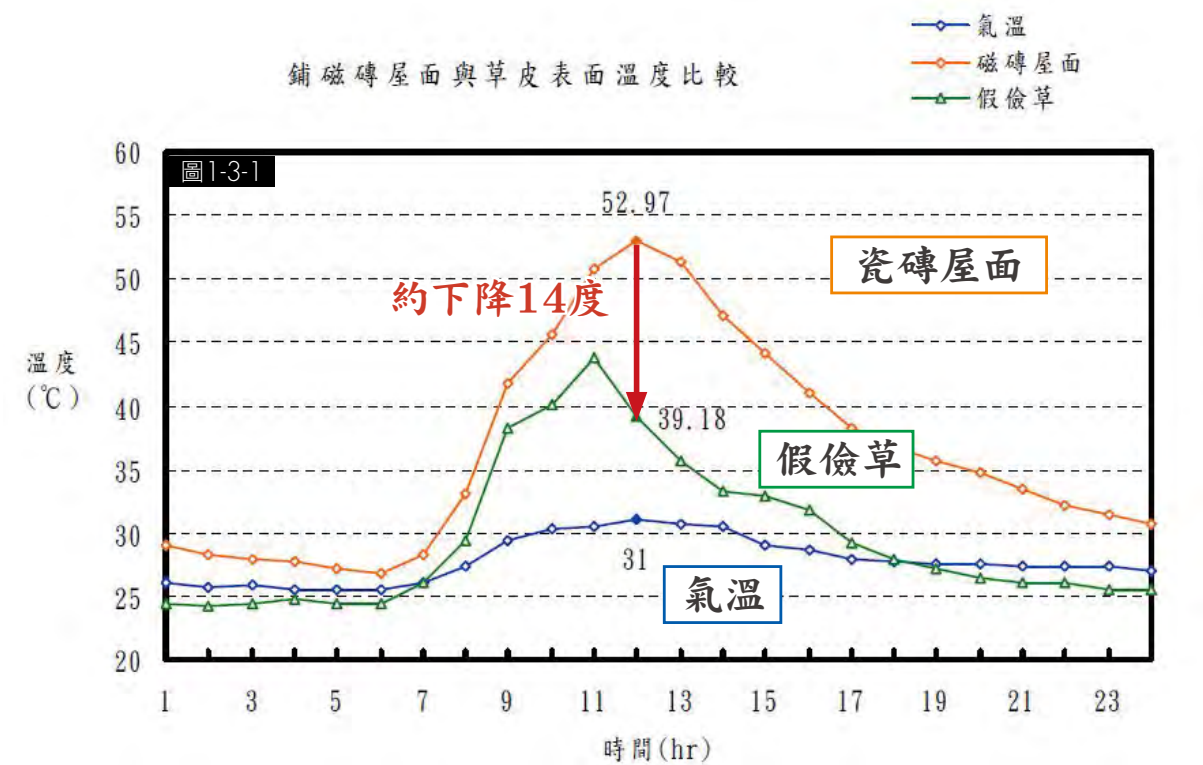
1. 綠地、綠屋頂、綠牆溫度低，建築物馬路溫度高，會產生空氣對流，就是風。
2. 河道可以是風廊。
3. 街道可以是風廊。

水：每公克水吸收539卡路里的熱量後，轉變為水蒸氣，把熱帶走。

1. 透水鋪面：綠地
2. 土壤存水
3. 綠屋頂
4. 河流、湖泊、濕地

四、綠屋頂是減少都市熱島效應最容易的辦法

1. 增加都市中的植被面積。
2. 增加表面的反射率。
3. 綠屋頂可以降低屋頂層室內溫度3-5度，減少空調的使用，改善都市的微氣候。
4. 根據聯合國環境計畫研究指出，城市綠屋頂面積增加，整個城市的二氧化碳將減少。
5. 屋頂和陽台多數閒置，為何不將它轉換成可以使用的空間呢？
6. 綠屋頂（薄層）施作後，在炎熱的夏季可降低屋頂表面溫度10-20度。



↑ 鋪瓷磚屋面與草皮表面溫度比較。

(圖片出處：蘇榮宗，2008，屋頂植草覆土層熱效應之研究，國立高雄大學，都市發展建築研究所。)

7.綠屋頂—減碳計算

台灣各種植栽單位面積CO₂固定量

栽植類型		CO ₂ 固定量 Gi(kg/m ²)	覆土深度	
			屋頂、陽台、露臺	其他
生態複層	大小喬木、灌木、花草密植混種區（喬木間距3.5m以下）	1200	1.0m以上	1.0m以上
喬木	闊葉大喬木	900		
	闊葉大喬木、針葉喬木、 疏葉喬木	600	0.7m以上	
	棕櫚類	400		
灌木（每平方公尺至少栽植2株以上）	46	300	0.4m以上	0.5m以上
多年生蔓藤	16	100		
草花花圃、自然野草地、 水生植物、草坪	0	20	0.1m以上	0.3m以上

註：栽種於屋頂及露臺的喬木若有良好的防颱技術工法（必須檢附技術資料）加設特殊固定設施可給予優惠，其覆土深度得降為原來之60%。

註：栽種於屋頂及露臺的喬木若有良好的防颱技術工法（必須檢附技術資料）加設特殊固定設施可給予優惠，其覆土深度得降為原來之60%。

（資料來源：「綠建築評估手冊-基本型」。內政部建築研究所，2015年版。）

表 1-3-1

地面上失去的，我們在空中找回來，
綠屋頂和立體綠化。



↑綠屋頂和立體綠化所打造的綠建築。
（綠達人提供）

圖 1-3-2 綠屋頂和立體綠化所打造的綠建築。

第四節 綠屋頂效益

（一）降低都市熱島效應

綠屋頂會被政府大力推廣的原因，要先從這幾年來都市熱島效應愈來愈嚴重談起。都市熱島效應形成的原因是因為都市內水泥結構和不透水鋪面大量吸收太陽的輻射熱，卻無法快速將熱量帶走，使得都市內的氣溫居高不下。降低熱島效應就要從太陽輻射熱著手：

1.增加較不吸熱的鋪面：像植物、綠地、綠屋頂、綠牆、水池、能反射太陽輻射熱的塗料、或其它不太吸熱的建材。



圖 1-4-1

↑惠安區里民活動中心薄層綠屋頂。（錫瑤基金會提供）

2.增加透水鋪面：利用每公克的水變成水蒸氣會帶走539卡熱量的原理，讓地下的水可以蒸發出來，帶走地面的熱量。透水鋪面的表面溫度可以維持在合理的範圍之內。綠屋頂和綠牆都是透水鋪面。



都會公園、行道樹、綠屋頂、綠牆、河道，都是都市中的綠洲，溫度遠較水泥及車道為低。溫差會產生空氣的對流，也就是風的吹動。風會把熱氣帶走降低都市溫度。



↑ 基隆河道大佳河濱公園。



圖1-4-3

（二）滯洪防澇

氣候變遷，暴雨成為常態，不透水鋪面無法停滯雨水。所有屋頂牆面、馬路與地面的水，在第一時間搶著排入排水管溝。排水管溝設計容量不足以一下子排這麼多水。

綠屋頂有覆土深度，可以在暴雨時先將雨水儲存起來，讓地面水先排走，減少洪害又能增加基地保水。歐美國家有利用綠屋頂來防洪防火，綠屋頂的覆土深度越多，效果愈好。



圖1-4-4

↑ 新加坡環球影城。

(三) 隔熱節能

根據台北市錫瑠基金會的研究，四平方米草地形同一台一噸冷氣的冷卻效果。綠屋頂施作的地方，屋頂溫度顯著維持在三十度上下，而裸露的屋頂溫度可以高達五六十度，難怪頂樓的房間在夏天根本無法舒適居住。

根據台大園藝系張育森教授2009-2010年在吳興國小頂樓綠屋頂所做的研究顯示，綠屋頂可以使樓板溫度相差20度以上，而室內溫度則可以降低3-5度。

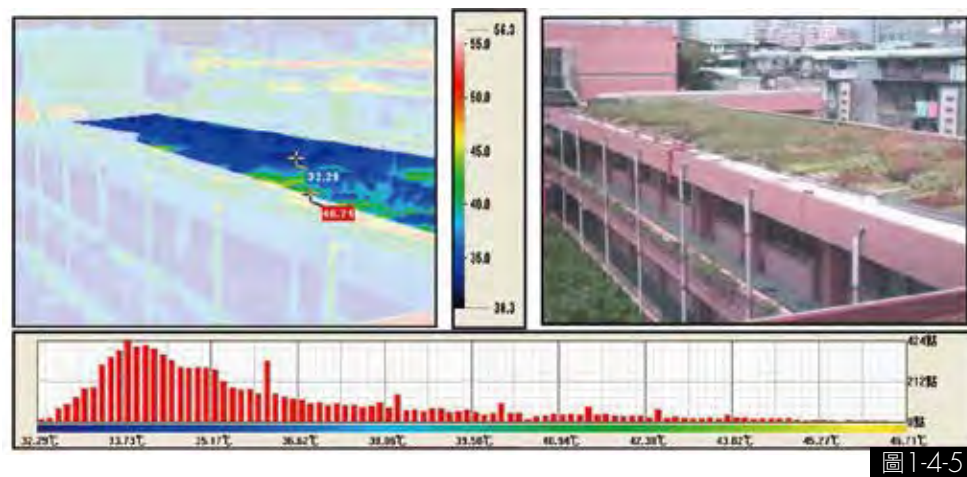


圖1-4-5

↑ 裸露的屋頂上溫度高達50度。從實驗數據可發現，張育森老師在吳興國小進行的研究，有沒有綠屋頂，樓板溫度相差20度以上。（張育森教授提供）

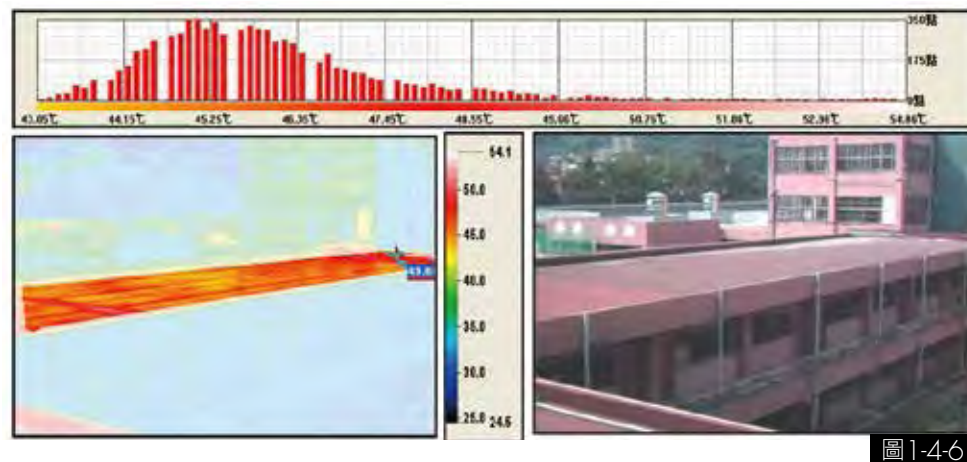


圖1-4-6

↑ 綠屋頂上的溫度只有30度多一點。

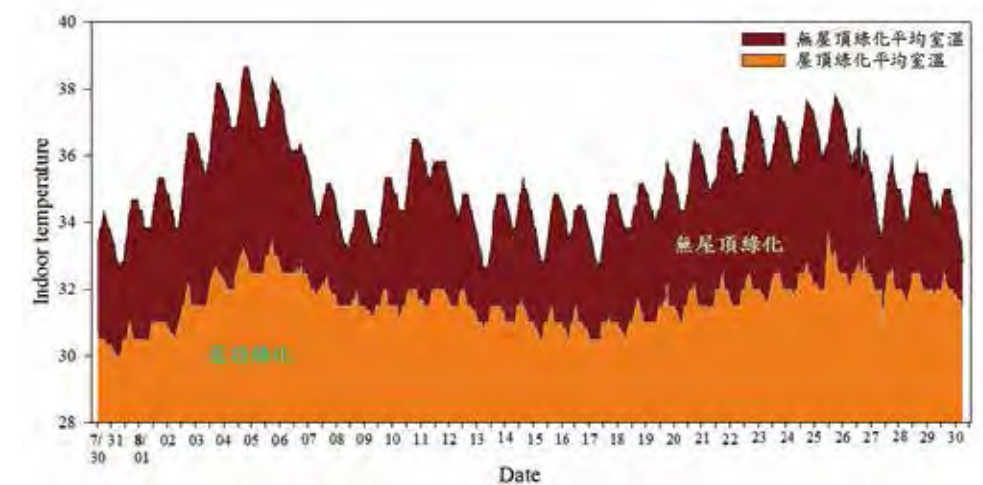


圖1-4-7

↑ 室內溫度降低3-5度。沒有做綠屋頂的頂樓室內溫度可高達38度以上，而做了綠屋頂，最高只有33度。（張育森教授提供）

頂樓室內溫度的降低，代表冷氣效能的提高，可以大幅省電，減少昂貴的電費支出。此外，實驗顯示，太陽能板的發電效率，與太陽能板下面的樓板溫度成反比。也就是說，地面溫度高時，太陽能板的發電效率就變差，因此歐洲現在的太陽能屋頂，大多結合綠屋頂施作。

(四) 美化屋頂成為地標景點

精心設計的綠屋頂像大阪難波公園（見下圖）、福岡國際會議中心、新加坡金莎酒店、皇家花園酒店等，都是遊客樂於駐足的景點。



↑→日本大阪難波公園。



圖1-4-8



圖1-4-9

(五) 療育庭園

很多醫院或療養院都以樓頂或露台建置療育庭園。利用人們喜愛接觸植物的天性，撫慰身心。台大醫院、彰濱秀傳醫院、新加坡KTPH醫院，都是有名的案例。

↑新加坡KTPH醫院陽台綠化。

名詞註釋

「療育庭園」：不同於「療癒庭園」，「療育庭園」強調具有教育意義，乃針對兒童及少年等身心障礙人士所設計的庭園。

(六) 休憩空間

屋頂原是不被利用的空間，建設綠屋頂後，由於有空中花園，遂成為大樓用戶新增加出來的綠色活動空間。適合社區聯誼活動舉辦中秋烤肉、節氣聚會等。



圖1-4-10

↑ 大安區公所綠屋頂。



圖1-4-11

← 竹北賴宅的屋頂花園，是屋主夫妻倆閒暇賞花弄草的場所。
（藍山園藝提供）

(七) 屋頂農園

自己種菜最安全。在屋頂及陽台種自己喜歡的水果和蔬菜，不必用農藥，活用廚餘堆有機肥，既健康又環保。過去陽台上種菜種花不易照顧，要靠人工澆灌，只要出差就沒人照顧，成功率較低；如今綠化技術可以提供標準型盆器和優質的植生土，以及自動灌溉的滴灌系統，減少人工維護，種菜成功率大增，讓種菜是更添樂趣。



圖1-4-12

↑ → 大鵬里社區。（育材提供）



圖1-4-13

↑ 竹城佐賀社區屋頂農園。（育材提供）



CHAPTER 2

綠屋頂的
第一個決定



第一節 綠屋頂施作基地的評估

綠屋頂的效益很多，但並不是所有的屋頂都可以做綠屋頂。例如：屋頂防水不佳導致漏水、鐵皮屋頂坡度太大、屋頂載重不足、女兒牆高度太矮、排水孔數量不足等，在沒有改善前，都不適合做綠屋頂。否則做綠屋頂的經費，反而主要是花在結構改善上。



圖2-1-1
↑鐵皮屋照片（新竹舊玻璃工廠）。（圖片來源：新竹縣社區網）



圖2-1-2
↑女兒牆太矮。



圖2-1-3
↑排水孔數量不足。

一般對屋頂是否適合施做綠屋頂，會考慮下列因素：

1. 建築物條件：

① 建築類型：公有或私有建築物？

需不需要管委會同意？

需不需要申請建築許可？



圖2-1-4
↑屋頂涼亭照片（設置涼亭需申請建築許可）。

② 建物結構現況：

房屋是否老舊？結構是否強固？有無裂縫或傾斜？



↑老舊的屋頂一般防水層已被破壞。

③ 屋頂坡度：

有無洩水坡度？會不會積水排不掉？屋頂坡度是否太大？（45度以上的斜屋頂不適合做綠屋頂。）洩水坡度不足的，可以利用綠屋頂施作時補強。



圖2-1-6
↑屋頂太平坦無洩水坡度，水積在屋頂上。

④屋頂載重：

屋頂原設計的載重有多少？老舊建築的屋頂載重可能只有每平方米150公斤，一般建築的屋頂載重有每平方米200公斤，陽台和鐵皮屋頂的載重較低，必須確定其載重限制後再施作。否則也可以考慮用藤蔓綠化鐵皮屋頂，不失為一種輕量的屋頂綠化方式。



圖2-1-7

↑老舊建物的女兒牆低矮（<130公分），屋頂載重較低。

⑤女兒牆高度：

綠屋頂施作後，人員的使用頻率會增加，安全防護至為重要！有些屋頂女兒牆邊，常設有花台，造成女兒牆高度不足。應適當加強保護，才不致有安全上的問題。無論固定或移動式，花台設計或景觀設施，如係貼牆設置，其上之女兒牆高度仍須達到法令規定之防護距離。

2.屋頂防水、排水狀況**①防水層是否完好、無裂縫、不曾漏水。**

圖2-1-8

↑利用閉水測試確保防水層完好，無漏水。

②排水孔數量足夠，不會阻塞，洩水容易，不積水。

圖2-1-9

↑大安區公所屋頂薄層綠化。（綠達人提供）

名詞註釋 閉水測試

為確保防水層完好，在施作綠屋頂前，應先將屋頂之落水頭封住，蓄水5~10公分，並觀察48~72小時，看看頂樓有無漏水，沒有漏水才可施作綠屋頂。

3.屋頂可使用面積**①屋頂使用空間較完整的，適合做滿鋪式的薄層綠屋頂或空中花園。**

圖2-1-10

↑烏來泰雅博物館屋頂綠化。（綠達人提供）

②屋頂因受限於空調或其它設施，無法整塊規劃者，適合盆鉢型綠屋頂。

圖2-1-11

↑行政院農委會盆鉢型綠屋頂。

4.氣候條件**①日照：**

日照充足者，有較大植栽選擇範圍。日照不足者，需慎選耐陰的植物。

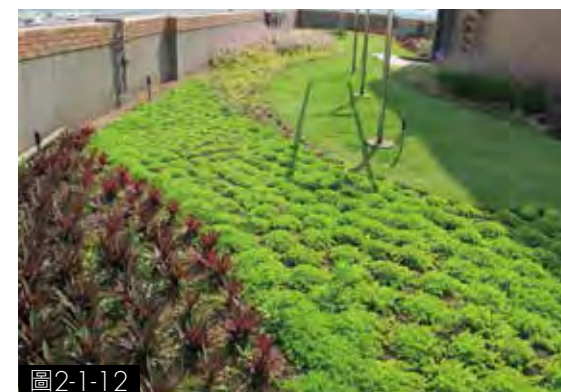


圖2-1-12

↑三重仁義大樓屋頂薄層綠化（全日照綠屋頂）。



圖2-1-13

↑亞熱帶低碳智慧生活應用科技與設計發展中心（日照不足綠屋頂）。

②雨量：

雨量充足者，需注意洩水坡度及防水層完好。介質的透水性至為重要，才不致積水。植栽不宜選擇耐旱植物，如景天科，否則容易爛根，而且雜草長得比它們快。像北投圖書館的綠屋頂，就是很好的例子。

雨量較少或過度集中的地區，應重視介質的保水力及透水性。植栽應選擇耐旱型植物。



圖2-1-14

↑北投圖書館屋頂薄層綠化。



圖2-1-15

↑高雄七賢國中屋頂綠化。

③風量：

屋頂上風大，如有種植喬木和灌木，應慎選抗風樹種。且不宜太高、太大的喬木。例如桂花不抗風，不可種在受風處。榕樹、黑板樹、小葉欖仁、南洋杉生長快速，根系強健，都不適合。防風固定在屋頂或陽台上種大樹異常重要。主要是覆土不深，面積不大，無法以杉木支架牢牢固定。一般多採用磐地支架，將土球固定到人工地盤上。



圖2-1-16

↑龍寶誠臻邸陽台花園。



圖2-1-17

→若山陽台種大樹。

5.日後的維護管理

綠屋頂就是一座花園，它需要定期澆灌、施肥、修剪、除草和換植，才能保持美觀。

①維養設計：

設計綠屋頂時，應該先考慮維養的因素。最好採用《從搖籃到搖籃：綠色經濟的設計提案》一書中提倡的觀念，讓廢棄物減到最少，多用可自然分解或回收的材料。利用自動澆灌或雨水回收，來節省人力和水電資源。

②維養人力：

即使採用自動澆灌系統和雨水回收，還是需要定期檢查過濾器和調整供水施肥的頻率。更需要人力去做修剪和除草工作。做綠屋頂可以給人們多餘的活動空間和優良的環境，甚至農產品。但人力是不可少的。

③維養預算：

綠屋頂的土壤介質因為排水性好，養份較易流失，必需定期施肥。最好每年施肥。植栽要定期修剪，才能維持美觀和透風。尤其種植的前兩年，需要經常揀除雜草。這些都需要有維養的人力和經費，否則很容易讓綠屋頂變成荒地或雜草叢生的地方，成為蚊蟲或螞蟥的溫床。因此做綠屋頂時，就要考慮到將來每年維養的預算。

名詞註釋 從搖籃至搖籃的設計

此為景觀界為節省廢棄物所提出之新觀念，主要是在設計時即考慮到將來移除之方式，以對環境友善的方式，在拆除時予以再利用。

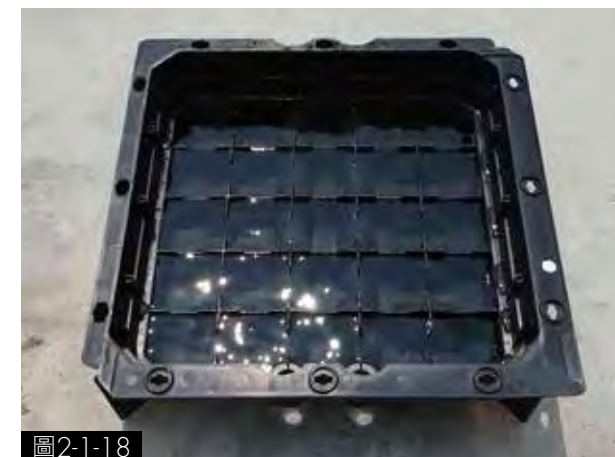


圖2-1-18

↑保綠植生盆利用雨水做底部給水，節省澆灌水電需求。



圖2-1-19

↑因未能定期檢查過濾網，造成滴灌管阻塞，植栽死亡，雜草取代原有植栽。



圖2-1-20

↑因維養預算不足，而雜草叢生的綠屋頂。

第二章 綠屋頂之型式

綠屋頂主要分為三種類型：薄層綠屋頂、盆鉢型綠屋頂及庭園型綠屋頂，主要是按植栽種類、介質厚度及功能使用區分。以下分別介紹這3種類型的綠屋頂，以及其代表案例，民眾可依需求與喜好決定想要施作的綠屋頂類型，再往下瞭解、評估是否適合施作。

一、薄層綠屋頂（Extensive green roof）：

指在屋頂上以滿鋪方式在防水層上覆蓋厚度低於三十公分的輕量介質，並種植強韌、低矮、具自生性的植栽，以適應燠熱、乾旱、強風等不利環境，達到提昇環境效益、永續節能的目的。基於建築物承載量的考量和低維護管理的需求，目前公司部門及現有建物多推行薄層綠屋頂。此類型施工較簡單、傾斜度在45°內的屋頂皆可施作，較庭園型及盆鉢型綠屋頂工法有低維護管理、低承載需求、節省結構成本等特性。

薄層綠屋頂國內外案例

國內案例



圖2-2-1-1

↑ 新北市新莊國民運動中心（樹花園）



圖2-2-1-2

↑ 北投圖書館



圖2-2-1-3

↑ 新北市稅捐處



圖2-2-1-4

↑ 大湖公園



圖2-2-1-5

↑ 嘉義市環保局焚化廠



新北市三重臨江仙社區 圖2-2-1-6



圖2-2-1-7

↑ 烏來泰雅博物館



圖2-2-1-9

↑ 高雄亞熱帶低碳智慧生活應用科技與設計發展中心



圖2-2-1-8

↑ 新北市蘆洲忠義國小

國外案例



圖2-2-1-10

↑ 舊金山加州科學館薄層綠屋頂



圖2-2-1-12

↑ 加拿大多倫多市政廳



圖2-2-1-11

↑ 新加坡環球影城



圖2-2-1-13

↑ 新加坡KTPH醫院屋頂農園



圖2-2-1-14
↑ 波特蘭路易莎社區



圖2-2-1-15
↑ 德國Schlossle Galerie Pforzheim購物中心綠屋頂



→ 紐約曼哈頓
高線公園

圖2-2-1-16



圖2-2-1-17
↑ 法國巴黎香柏禧區

二、盆鉢型綠屋頂（Container-type green roof）

使用各種盆器種植植物，依容器造型尺寸設計排列所形成之綠屋頂。容器與介質材料取得容易，民眾能自行操作施工。盆器具可移動性，可因應植物生長狀況調整擺放位置。但應儘量將屋頂樓板面積鋪滿，阻絕太陽輻射熱直接曬到防水層，才能減少屋頂樓板冷縮熱脹，並有效達到隔熱節能的功能。

盆鉢式綠屋頂案例



圖2-2-2-1

↑ 大鵬里社區（育材提供）



圖2-2-2-2

↑ 成大綠色魔法學校（孫運璿綠建築研究大樓）綠屋頂。



圖2-2-2-3

↑ 台達電子南科廠（當代）



圖2-2-2-4

↑ 育材公司頂樓菜園



圖2-2-2-6

↑ 台北行政院農委會（綠達人）



圖2-2-2-5

↑ 新莊中華電信頂樓菜園



圖2-2-2-7

↑ 台北萬華國中屋頂農園

三、庭園型綠屋頂 (Intensive green roof)

由景觀設計者利用設計手法將小型喬木、灌木、地被植物等進行屋頂複層綠化，常有休憩設施或花園，主要以美觀欣賞及休憩療育為目的。庭園型綠屋頂具有景觀效果佳、植物層次豐富、完整性高、覆土深、植物根系可充分伸展等優點。由於涉及設施結構等設計，以及喬木移植專業，建議尋找專業廠商規劃、設計和施工、維護管理。

庭園型綠屋頂國內案例

國內案例

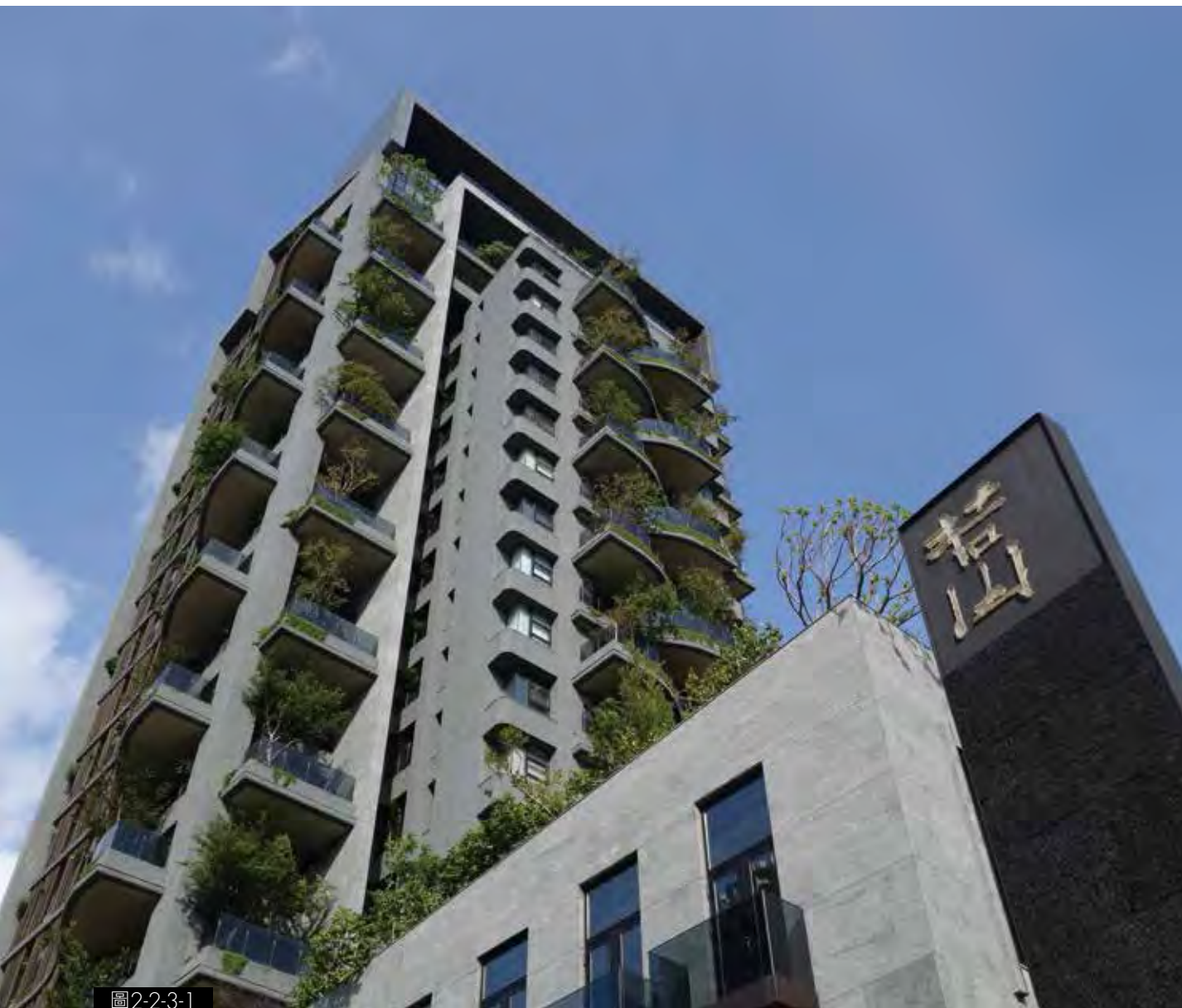


圖2-2-3-1

↑ 若山 (半畝塘)



圖2-2-3-2



圖2-2-3-3

↑ 台北博瑞達露臺花園



圖2-2-3-4

↑ 龍寶誠臻邸（樹花園）



圖2-2-3-6

↑ 屋頂花園



圖2-2-3-5

↑ 技嘉科技生態綠屋頂



圖2-2-3-7

↑ 屋頂花園

國外案例



↑ 新加坡邱德拔醫院 (KTPH)



↑ 義大利米蘭「垂直森林」



↑ 新加坡皮克林皇家花園酒店



三、綠屋頂型式比較

依據施作基地的特性，選擇適合的綠屋頂型式，可以達到最好的節能減碳及景觀綠化效果，評估基地現況及預算金額，慎選適合的施作型式，是綠屋頂的第一個決定。

型式	薄層綠屋頂 (Extensive green roof)	盆鉢型綠屋頂 (Container-type green roof)	庭園型綠屋頂 (Intensive green roof)
設置目的	以體現生活、生態功能與環境的協調性為目的	以快速綠化且短期使用為目的，受環境因素限制小	永久性設置之景觀設施，供美觀欣賞及休憩功能之用
特徵	1.管理頻度低 2.覆土深度<30公分適合種植灌木、草花、草皮 3.不限於平屋頂（適於屋面坡度45度以下）	1.既有老建物較符合使用 2.非全面綠化使用之型式 3.常以農園型式呈現 4.設於平屋頂（適用於屋頂坡度10度以下）	1.屋頂承載量需求大 2.管理頻度及費用較高 3.可種植小喬木、灌木及草花、草皮，生物多樣性豐富且美觀 4.設於平屋頂（適於屋頂坡度10度以下）
施作需求	1.承載力需≥200 kg/m ² 2.工法簡單，建設成本較低 3.維護管理頻度低，且費用經濟	1.承載力需≥250 kg/m ² 2.工法簡單，建設成本中等 3.維護管理頻度高、費用中等	1.承載力應≥450 kg/m ² （營業性屋頂庭園≥600kg/m ² ） 2.建造複雜，設計費用高 3.維護管理頻率及花費高
機能	1.具減緩熱島效應效果 2.增加生物多樣性 3.快速增加城市綠化面積 4.符合永續環保概念	1.必須覆蓋80%以上屋頂面積才有良好隔熱效果 2.增加生物多樣性 3.具經濟生產效益 4.具休憩活動空間 5.具療育效果 6.具減緩熱島效應效果	1.具減緩熱島效應效果 2.雨水滯留貯留效果高 3.增加生物多樣性 4.休憩活動空間大 5.具美觀欣賞之功能
建議場所	1.既有建物 2.斜屋頂 3.公共設施 4.學校機關	1.既有建物 2.社區住宅 3.公家機關	1.新設建物 2.私人住宅 3.商業大樓 4.公共設施
維護管理	低頻率即可，修剪為主。	須經常換植、除草。費工。	高頻度庭園維管。
選擇要點	建造及維管費用低，且可大面積綠化。但植栽種類有限，人為活動空間較小。	需有高人力維管為首要選擇條件。應盡量選擇有志工或居民可自行管理區域為佳。	高頻度維護管理且具技術性，建築物之承載量和喬木固定問題是施作點首要考量條件。

表2-3-1



四、綠屋頂施作基地簡易評估表（附錄四）

本書將施作基地之考慮要素，整理成簡單之評估積分表，可做為檢討基地適合施作綠屋頂之依據。凡積分在20分以上者，建議應先補強屋頂現況，再行施作，以免後續問題。請參考本書附錄四。



圖2-2-3-12

↑ 日本難波公園



圖2-2-3-13

↑ 新加坡金沙酒店



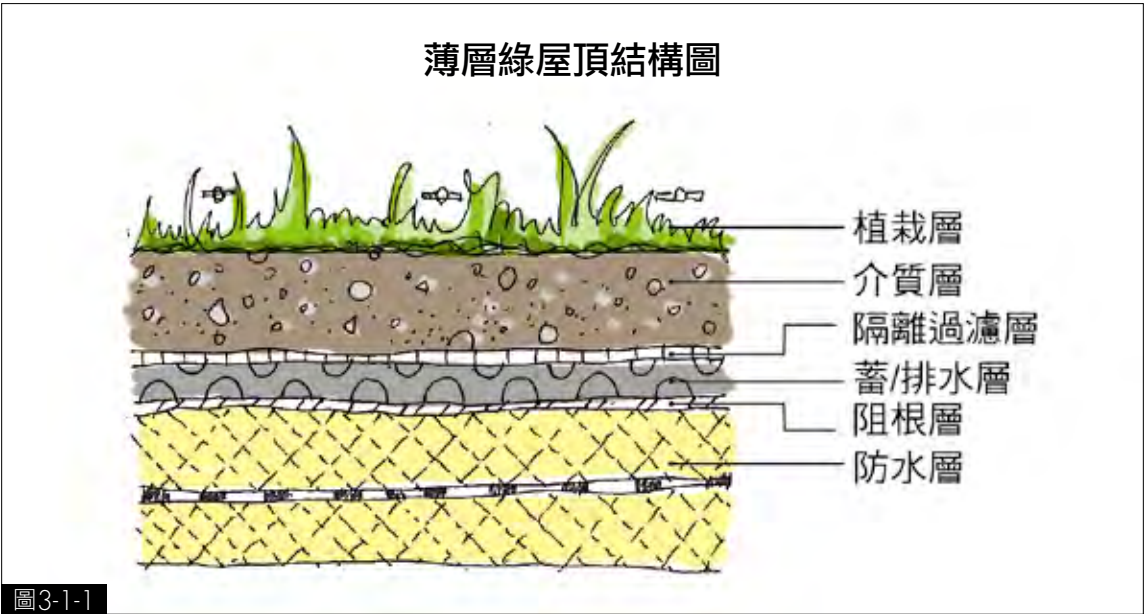
CHAPTER 3

綠屋頂的
規劃設計

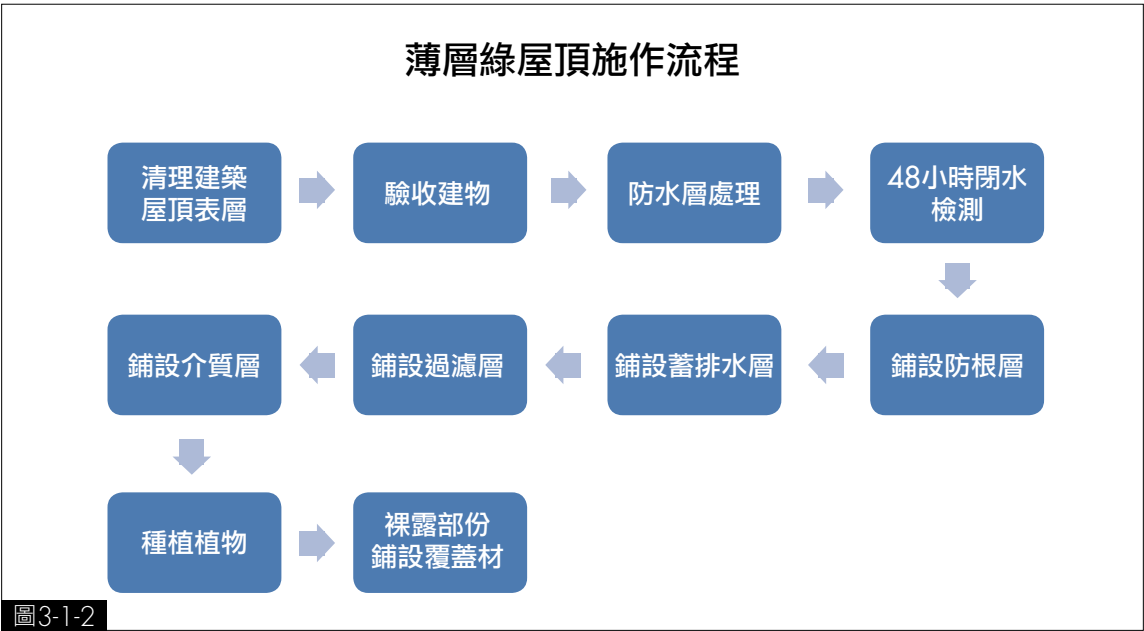


第一節 薄層綠屋頂

薄層綠屋頂的結構依施作地點、型態以及施作者期望的不同而略有差異。主要結構為：防水層、阻根層、（蓄）排水層、過濾層、介質層、植栽層。其中蓄水層、隔離層可視個別情況設置。



（圖片來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」）

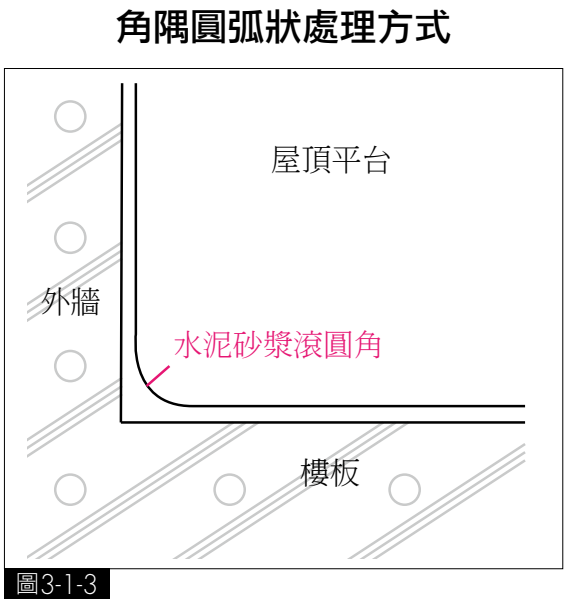


（圖片來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」）

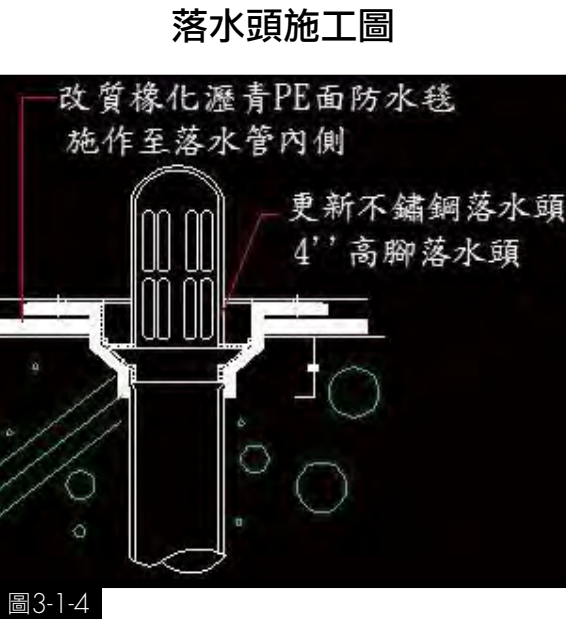
一、防水層

防水層包含瀝青、瀝青捲材或任何其他有機物質等，可選用剛性防水、柔性防水或塗膜防水三種不同材料方法，應以二道或二道以上防水層設置，最上道防水層必須採用阻根防水材料，另外防水層的材料應相容。

1.防水施作於屋頂與女兒牆之間交界處，應先以水泥塗抹成圓弧狀，再做防水處理，以防死角。



2.落水頭水管、水泥接縫處必須塗抹完善。



- 3.不同防水層應採用合適的施工工法，粘結牢固，防水重疊鋪設應超過15cm。
- 4.建築突出物之立面防水層應高出介質高度15cm。
- 5.建造綠屋頂時，建議進行二次防水處理。
- 6.綠屋頂防水施工後，應進行閉水檢測，閉水時間必須大於48小時（2天）。步驟為：封閉出水口—清水灌水—10cm水位—觀察48小時無滲漏—逐步放水—檢查有無積水。



圖3-1-5

↑ 閉水測試。

二、阻根層

阻根層位於防水層之上，部份工法則與防水層結合，目的為防止植物根系直接與防水層接觸，以免防水層被根酸腐蝕，使結構被根系竄伸而生裂縫，造成漏水。一般阻根材料可分為物理性和化學性方法，前者包括混凝土、抗穿刺塑膠板、雙凹凸阻根板；後者為利用化學物質來防止植物根系之不織布，稱之為防根布。



圖3-1-6

↑ 植物根系竄入建築體。

三、蓄/排水層

蓄/排水層主要目的是儘快排掉過濾層流下來的水，以防止水分積在屋頂樓板，保持樓板通氣。目前的蓄排水板多已模組化，而且質輕。日本更以晶曜石滿鋪做排水，不需過濾層，更能減輕結構體之荷重。為避免屋面積水，屋頂綠化的排水系統一定要維持通暢。

- 1.根據屋頂排水溝情況設計，材料可選用單凸型、模組式、組合式等多種型式的（蓄）排水板或直徑大於0.4-1.6cm的陶石或酸素管，鋪設厚度宜於5cm以上。
- 2.為順利排水，屋頂之洩水坡度最少要有2度。
- 3.最少須有2處排水孔。使用高腳落水頭、檢查罩，並以酸素管或不織布包覆以防止落葉及垃圾阻塞，並預留檢查之通路寬度。
- 4.屋頂上排水孔之管徑需大於75mm。
- 5.女兒牆或收邊材與綠帶間、突出物周圍須留20cm以上排水通道，可以粗顆粒之材料如陶石、紅磚粒或酸素管作為過濾材質。



圖3-1-7

女兒牆收邊、排水天溝及防水詳圖

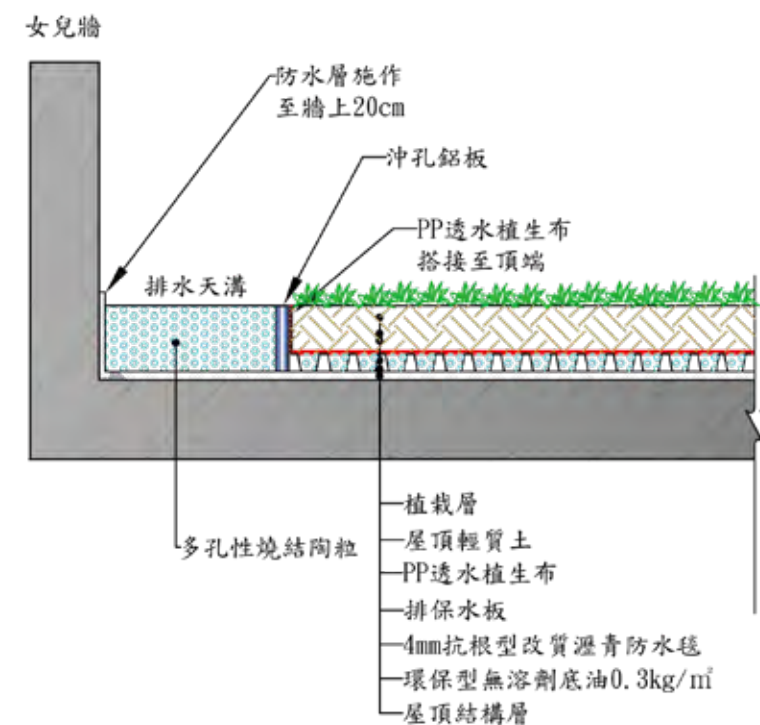


圖3-1-8

↑ 薄層綠屋頂女兒牆收邊、排水天溝及防水施工圖。

- 6.排水層施工必須與排水系統連通以保證排水暢通，排水板間應緊密搭接。
- 7.暴雨後1小時內排水完畢為設計原則，故於排水口應有過濾結構。
- 8.若有裸露空間須有保護措施。

排水設計原則



圖3-1-9

(圖片來源：綠屋頂規範)



圖3-1-10

↑ 植生不織布鋪設情形。

最好能在不織布上加覆一層濾料來過濾掉有機物。一般可鋪設六公分的晶曜石或粗砂來防止生物膜堆積在不織布上，延長不織布的過濾功能。日本一般直接利用晶曜石鋪十公分，來取代過濾層及排水層，更可確保排水通暢。



圖3-1-11

↑ 鋪設晶曜石做為過濾層。

五、介質層

栽培介質組成對屋頂植栽種類選擇有很大的影響，理想的介質兼具質輕、保水、通氣、保肥及穩定不易分解等特性（如陶石、紅磚粒、保綠人造土、發泡煉石、蛭石、發泡黑曜石、珍珠石、矽藻土、沸石、砂壤土等）。詳細介紹請參閱下一章。屋頂綠化介質應符合厚度要求，薄層綠屋頂栽培介質厚度應至少10 cm，以維持植栽存活性；若介質層過厚，則需考慮載重問題，故薄層綠屋頂覆土深度一般 ≤ 30 cm，建議亦依不同綠化植物而有所改變。介質比重在0.8左右，需有良好的排水性。（土壤入滲率 $>10^{-3}$ 及保水力 $>20\%$ ）

六、植栽層

植栽選擇是屋頂綠化成敗的重要因素。在屋頂綠化時，為防止屋頂介質被風力和雨水等環境所侵蝕，因此快速形成植被覆蓋非常重要，同時在選擇植物種類時必須符合耐極端氣候、易移植、耐修剪或生長緩慢、生長特性和觀賞價值相對穩定等原則。薄層綠屋頂以灌木、草坪、地被植物和攀緣植物等為主，且因介質層較薄，環境較嚴苛，亦應選用耐候性強之植物種類。一般建議以草毯或植栽毯鋪設可以立即綠化，減少土石流失及野草入侵。

七、植生袋工法

植生袋工法亦有用於綠屋頂施作上。國內案例有花博新生三館綠屋頂，及台北大湖公園活動中心斜屋頂。植生袋常用於河岸或陡峭邊坡之護坡，防止水土流失之用。故其不織布抗拉強度高，不易破裂，但透水性不佳。建議採用透水性高的砂質土或人工介質回填不織布袋。植生袋堆疊表面不易平整，側面收邊處容易裸露，形成壟溝。



圖3-1-12
↑屋頂輕質土鋪設情形。



圖3-1-13
↑信義區惠安區里民活動中心綠屋頂。



圖3-1-14
↑大湖公園斜屋頂壟溝現象。

第二節 盆鉢型綠屋頂

盆鉢型綠屋頂的結構較為簡單，除了檢查防水層外，使用者可自行施工，且可依施作目的、維護管理便利度等擺放不同的位置。主要結構為：防水層、工法層（盆鉢容器）、介質層、植栽層。



圖3-2-1
↑中華電信頂樓菜園。（育材公司提供）

盆鉢型綠屋頂結構圖



圖片來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」

圖3-2-2

盆鉢型綠屋頂的施作流程

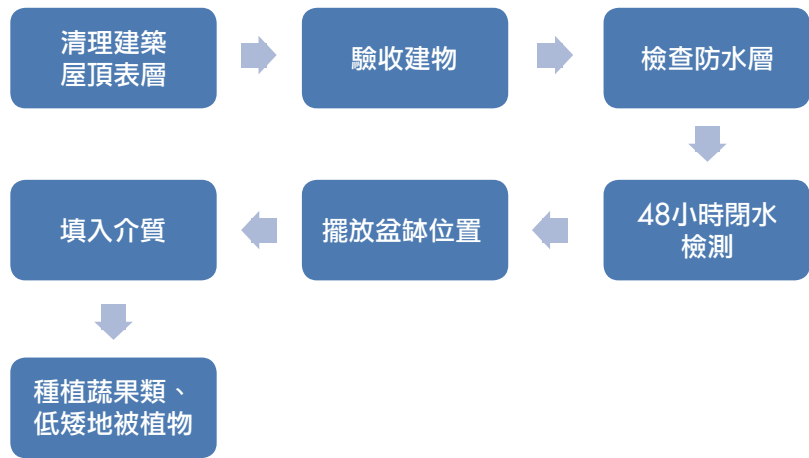


圖3-2-3

(參考自建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」)

一、防水層

- 1.因盆鉢內的根和水不會長期滯留屋頂樓板，故可減少漏水疑慮。
- 2.屋頂綠化施作應設計約2度之坡度以利排水。
- 3.若舊有或曾發生漏水情形之建物，仍建議可於防水保護層上採用水合凝固型塗膜防水材，進行二次防水工程。
- 4.建議無論有無進行防水施工，皆應進行閉水檢測。



圖3-2-4

↑ 屋頂閉水檢測。

名詞註釋 水合凝固型塗膜防水材

係以噴塗方式施作的防水材料，與瀝青式用片狀鋪設法不同，其優點是施工容易無死角及接縫。

二、工法層（盆鉢容器）

- 1.依承載量考量盆鉢大小及數量，需估算整體重量。
- 2.考量移動性、環保等方面因素，應盡量使用可降解、或回收再生材製成的盆鉢，但仍需考量其耐久性。
- 3.盆鉢容器應選擇環保輕量材質，常見系統為生態袋系統、植生盆系統及生物性容器等，依施作者目的決定使用的種類及大小。

常見盆鉢容器

常見三種系統	內容
纖維生態袋	利用布花園、不織布、麻布等材質織成袋口，內裝混合介質即可種植。
植生盆系統	由PVC或PP塑膠系統製成之盆鉢，可搭建不同高度，以利操作上便利及各類草花蔬菜生長，並可搭建簡易溫室。盆鉢間有卡榫，可以固定相連，形成滿鋪式花園或菜園。排水系統亦可相接直接排入落水頭內，避免泥水漫流在屋頂上。
生物性容器系統	是由可分解的生物性材質，如椰纖、木箱或草籃做為容器。

表3-2-1

- 4.盆鉢底部下方與樓地板應保持距離，應有底腳約3-5公分，可以構造出通氣管道，可避免積水現象。根系由盆內排水孔長出時，較不易在空氣中存活、繼續生長。但最好是採用排水孔直接連接到排水管的設計，以避免根系長出盆鉢，蔓延到屋頂樓板去破壞防水層。



圖3-2-5

← 盆鉢底腳可避免長期積水。

三、蓄/排水層

- 1.常見的盆鉢底層無排水孔而是蓄水槽，容器內之蓄排水層依個別盆鉢工法而有不同。水位過高時，會從溢流孔流到排水管中，直接排入落水頭。溢流孔高5-7.5公分不等。盆鉢內儲水透過毛細現象，以虹吸方式灌溉，是非常省水的澆灌方式。
- 2.亦有在盆鉢壁設置孔洞，孔洞距離底層約2-3 cm，讓高於孔洞的多餘水分流出，保留一定高度之蓄水層，維持植栽良好生長，也是很好的蓄排水設計。孔徑大小及數量影響介質含水量，可依其選擇介質種類，避免介質流失。
- 3.栽植箱工法則是在箱底開孔，讓餘水流出，以維持箱內介質之通氣性。



圖3-2-6

↑保綠植生盆的底部儲水設計，可儲水7公升，置於戶外時可將雨水收集，再利用吸水帶底部給水。

四、介質層

- 1.盆鉢內應裝填屋頂輕質土，依據技術規範土壤特性規定，以確保其載重、入滲率、保水力適合規範。若為屋頂農園，為使蔬菜生長良好，可增加有機肥比重或加入陽離子交換能力（Cation Exchange Capacity, CEC）高的保肥粗骨材如植生沸石，以減少施肥次數。
- 2.介質層厚度建議為7.5-30cm，可依照蔬菜及草花等植栽特性而改變。
- 3.考慮屋頂載重限制，建議介質比重應在0.8上下，土壤入滲率在以 10^{-3} 以上，保水力應在20%以上。



圖3-2-7

↑植生沸石，適量混拌至土壤內可吸附陽離子，減少施肥次數。

五、植栽層

盆鉢型綠屋頂使用的植栽種類極廣，除了草花等觀賞植物、瓜果蔬菜類、果樹等作物外，應避免根系強健之品種。蔬果類作物需定時採收、更新植栽或播種，故需高頻度維護管理且較為繁瑣。草花等觀賞植物選擇與薄層綠屋頂植物相似，能忍受嚴苛的屋頂環境條件為佳，可降低維管頻度。



圖3-2-8

↑圓山飯店露臺花園。（育材公司提供）

第三節 庭園型綠屋頂

建物的承載量是庭園型綠屋頂設計之考量重點，據建築法規應 $\geq 450\text{Kg}/\text{m}^2$ （營業性屋頂庭園 $\geq 600\text{Kg}/\text{m}^2$ ）。基本結構為：防水層、阻根層、（蓄）排水層、過濾層、介質層、植栽層。



庭園型綠屋頂結構圖

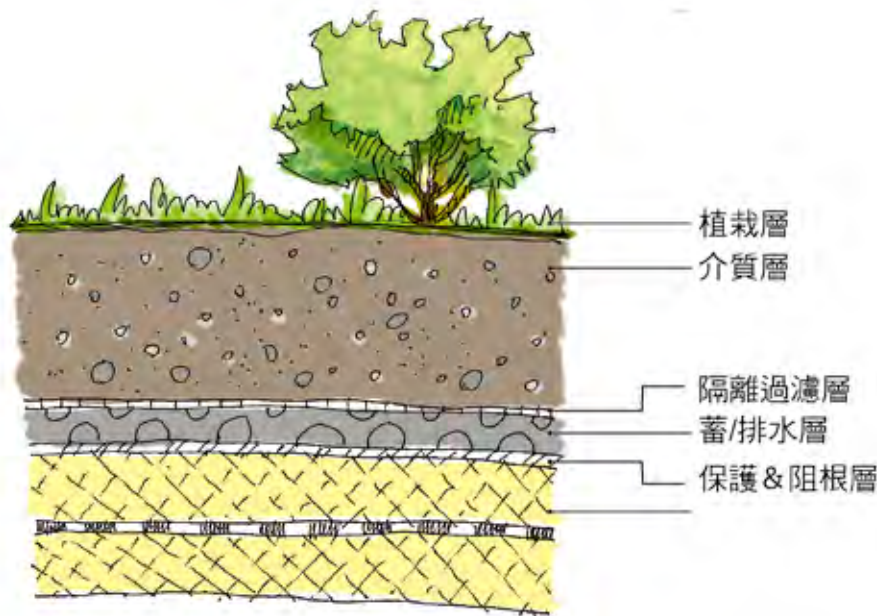
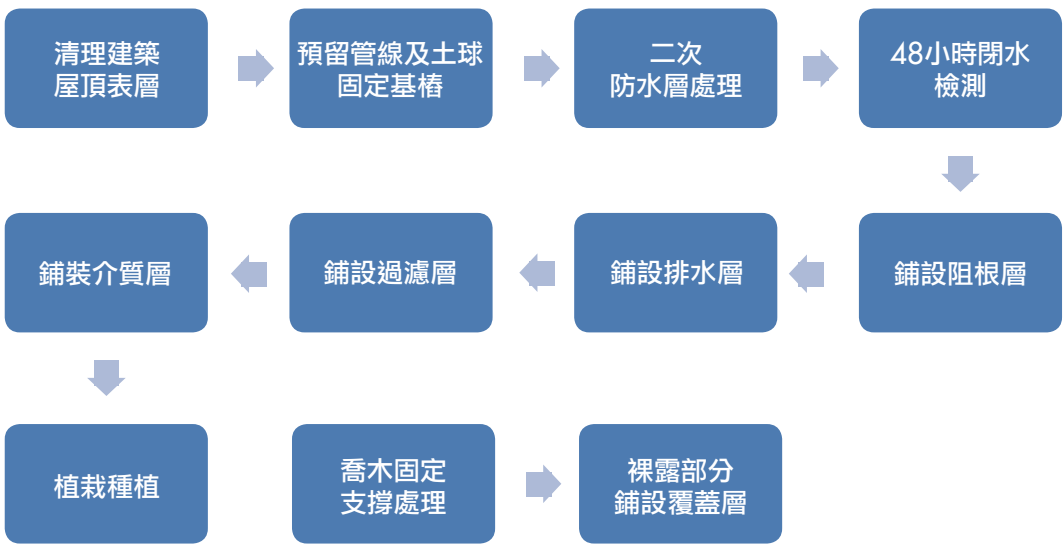


圖3-3-2 圖片來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」)

庭園型綠屋頂的施作流程



(參考自建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」)

圖3-3-3

一、防水層

防水材料和規範的選擇上須考慮其耐用性和持久性，應具備耐根性、耐壓性、耐熱性等特質。屋頂庭園許多條件可能破壞防水層結構，如大型樹木根系、灌溉水或雨水積聚、土壤載重高等，故大多採用剛性防水材料，增加其防水性能，防水層設置應二道以上為佳。

- 1.以使用水合凝固型防水材料為主，如壓克力水性樹脂加上滲透性塗佈防水底漆。無溶劑污染與臭味，底材表面潮濕亦可施工。施工後之薄層柔軟強韌，可曲折不龜裂，防水效果佳。
- 2.若既有建築必須施作庭園型綠屋頂時，防水層應刨除重做。
- 3.應當在建築設計時預埋管線、涼亭、花臺、花架、立柱、固定支架等設施的基礎埋設要件。伸出屋面的管道、設備或預埋設施等，需在防水層施工前設置完成。
- 4.屋面增設水池、花架、花臺、景石、鋪設水電管線等均不得打開和破壞原屋頂防水層。
- 5.屋頂有規劃建設游泳池、水池時，宜設置多層防水層，加強防水功能。
- 6.屋頂防水層完工後，不得在其上鑿孔、打洞或重物衝擊。



圖3-3-4

←防水層施作中。

二、阻根層

防水層之上，排水層之下，應設有防根層或緩衝層，以確保防水層不易被破壞。阻根材料多樣化，但不建議採用單凸排水板（高度=2cm），因其抗壓性低，無法支撐較厚的土壤重量及土球重壓。且其接縫處利用超音波熱融處理，接縫處易分離，失去阻根效果。

可使用阻根毯或阻根材以有效阻根防止樹根竄入結構，亦可考慮結合阻根板與晶曜石形成的空氣斷根工法來處理樹穴和避免盤根。應避免鋪設塑膠布，以免底層積水。此外，女兒牆、建築體突出物與綠化區應留有20cm以上寬度的陶石或礫石排水溝渠，以增加通氣，防止竄根。

有些庭園型綠屋頂會加強保護層。主要是加強防止根酸腐蝕的防水層，以避免蓄水設施等堅固材料及維修機械所造成的損害。一般材料有塑膠、塑膠板、水泥砂漿等。

樹穴花台型磐地式支架施工圖

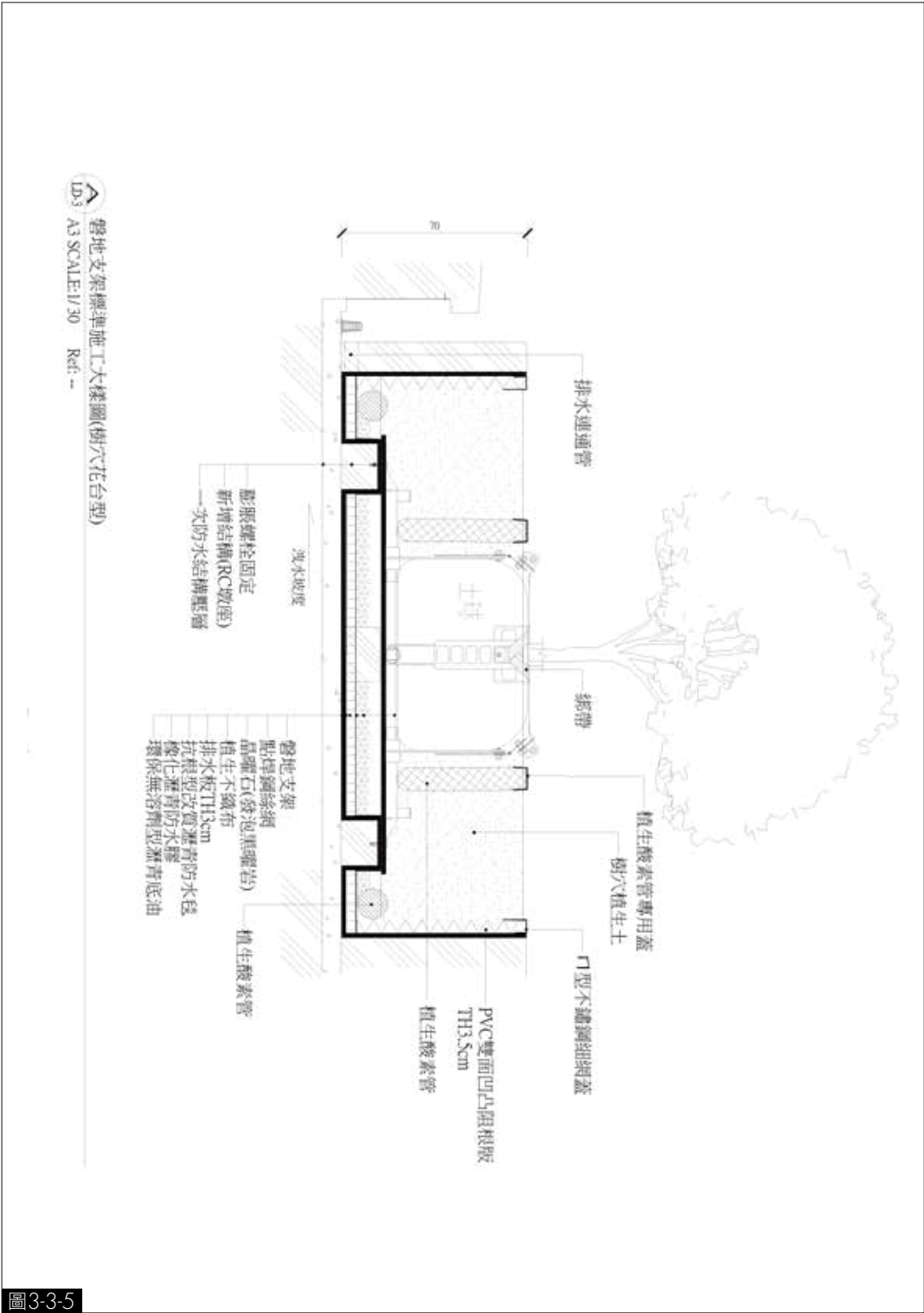


圖3-3-5

三、蓄/排水層

蓄／排水層的功能是將過濾層流下來的水順利排除，避免綠屋頂表面逕流及積水。因覆土較深，一般採用較耐壓的排水材料。常見排水層材料為塑膠或聚苯乙烯排水板、發泡黑曜岩等。



圖3-3-6
↑ 樹穴排水檢測孔。



圖3-3-7
↑ 以植生陶石做填充的蓄排水層，抗壓又保水。

- 1.排水層厚度一般介於3-30 cm。
- 2.庭園型綠屋頂的排水層最好能相連通，設計有2度的洩水坡度，將水直接導入落水頭內。排水口落水頭的設計要合理分佈，滿足各分區的排水需要，注意排水的一致性。
- 3.植穴、花臺等必須根據實際情況設置排水孔，應根據排水口設置排水觀察井。
- 4.排水設計原則可參考附錄三「綠屋頂設計與施工準則」，如下圖。

排水系統設計原則

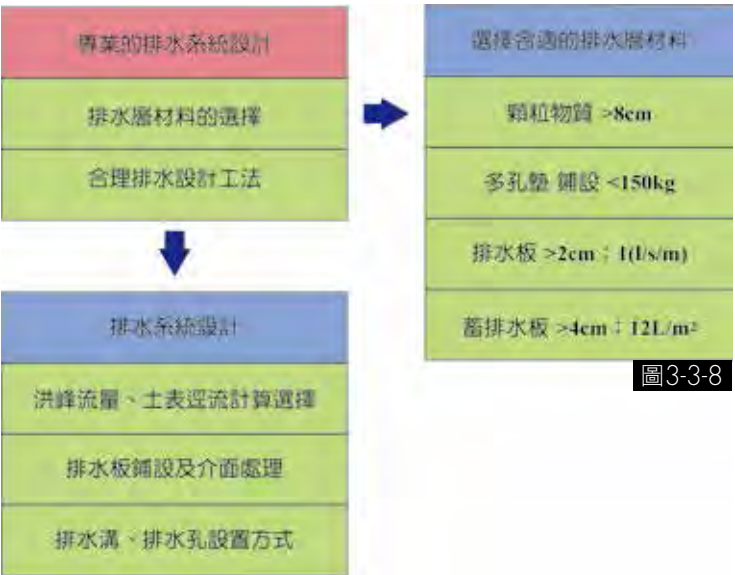


圖3-3-8

四、過濾層

過濾層位於介質層下及（蓄）排水層之上，其主要功能為在水份流過時濾除泥沙，水過泥不過，以防止泥沙進入排水層，阻塞排水通道，將小顆粒、腐植質和有機物留在上方，使其可作為植栽的養分。一般採用既能透水又能過濾的聚丙烯纖維長纖針軋不織布，適用於保護土壤不流失，強韌耐壓不損破、滲水性良好、不阻塞、耐磨性強。不織布搭接縫的有效寬度應達到10-20cm，並向建築側牆面延伸至介質表層下方5cm處。此外，應慎選不織布，以避免破裂或阻塞情形，造成積水，其阻塞原因常常是土壤細小顆粒和膠體物質吸附於膜表面或模孔、形成生物膜黏著（微生物分解的多醣體、蛋白質等）、溶解性物質（無機鹽類）沉澱於膜表面。

最好能在不織布上加覆一層濾料來過濾掉有機物。一般可鋪設6公分的晶曜石或粗砂來防止生物膜堆積在不織布上，延長不織布的過濾功能。日本有直接利用晶曜石鋪10公分，來取代過濾層及排水層，更可確保排水通暢。

五、介質層

庭園型綠屋頂的介質需達一定標準，以滿足植栽生長需求，避免植栽處於水分逆境，影響其生長。

1.介質應含有較高之有機質及保水力。一般採用砂質壤土、磚粒、陶石、保綠人造土、腐植土混合。但仍應將比重控制在1以下，避免比重過高。



圖3-3-9

↑以陶石、保綠人造土、腐植土等混拌而成的輕質土，具透氣排水、保水保肥的功能，適用於綠屋頂。

2.介質厚度為30cm以上至120cm，依不同綠化植物和建築物承載量而有不同。

不同植物種類之介質深度建議標準

（資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」

植物種類	內容	低矮地被植物	中高花卉	灌木、花草	大型灌木	喬木類
植株高度（cm）	5-10	10-30	30-60	60-120	120-200	200以上
植物生存最低土壤深度（cm）	10	15	20	30	45	70
植物正常生長土壤深度（cm）	30	30	35	45	60	100
排水層厚度（cm）	3	5	5	10	15	<30

表3-3-1

3.為達到樹木所需介質厚度，可適當進行土方造形。土方堆高處最好在承重樑及柱頂位置。

4.土壤理化特性需具備耐踐踏能力，避免草皮在長期踐踏下枯死。

5.過輕的顆粒狀人工介質，如發泡煉石、真珠石、蛭石，易被強風吹散或遇水漂浮，塞住排水孔，故須注意其使用場所及方式。

六、植栽層

- 1.以複層植栽設計為主，由喬木、灌木、草花、草坪、地被植物組成，可提高綠化效益；應利用植物色彩、花、果豐富景觀，美化環境。



圖3-3-10

↑日本難波公園複層植栽設計

- 2.在承載量許可範圍內，可設固定栽植槽或花台，局部加厚介質層，種植喬木。
- 3.喬木種植位置距離女兒牆應大於2.5m，高度不宜超過5 m。
- 4.種植高於2m的喬、灌木需採取防風固定技術，主要包括地上鋼索固定和地下土球固定法。



圖3-3-11

→以磐地式支架固定土球。

名詞註釋 磐地支架

用來固定樹木土球到人工地盤上的地下支架。因綠屋頂覆土較淺，而覆土面積不大，樹木根系不易靠自身根系固定，一般用在人工地盤種樹之支架固定。

- 5.喬木應慎選生長較慢、枝葉透風性佳、耐風耐旱者，以適應屋頂強風烈日的環境。



圖3-3-12

↑若山陽台種大樹一景。

七、景觀設施

- 1.景觀設施應選擇質輕、環保、安全、牢固材料。
- 2.景觀設施應設置在建築牆體、承重樑位置，高度儘量不大於3 m。
- 3.屋頂綠化設計宜由合格施作廠商、專家或相關專業協會團體進行複驗，並出具證明。
- 4.屋頂綠化設計承載應滿足建築屋頂承重安全要求，承載必須在屋面結構承載力允許的範圍內。
- 5.按照設計屋面承載要求，選擇臨時物體堆放點。
- 6.應根據屋頂面積及承載量需求，計算水池的載重量，決定水池的大小和水深度。
- 7.造景石材選用人工輕質材料，需準確計算重量，再依據屋面載重情況，佈置於承重樑柱上。
- 8.屋頂綠化照明設計應選用具有特殊的防水、防漏電措施及誘滅蟲功能的燈具。可根據使用功能和要求，適當設置夜間照明系統。
- 9.設有加裝圍欄時，應有防攀爬設計，防止有人攀爬欄杆，造成危險。
- 10.屋頂綠化應設置獨立出入口和安全通道，必要時應設置專門的疏散樓梯。
- 11.無論固定或移動式設計，基座上女兒牆高度須達到法令規定之防護距離。



CHAPTER 4

綠屋頂的
成敗關鍵要素



第一節 建築與環境因素

一個綠屋頂的成功與否，取決於外在環境氣候、建築物主體條件、植物的選擇、綠屋頂構造系統、以及維護管理…等因素。除了植物、構造系統與管理維護為後天因素外，外在氣候環境與建築物主體條件堪稱是綠屋頂成敗關鍵之先天要素。

一、外在氣候環境：

氣候條件包括溫度、濕度、雨量、日照、風速…等，將影響綠屋頂構造與植物選擇。例如：

- 1.在氣溫高、雨量少的地區，便需要以耐旱、需水量少的植物為主，並考慮輔以蓄排水板與滴灌系統。
- 2.在濕度高、日照少的區域便需要選用耐陰、喜好潮濕的植物，並注重土壤與排水性能。
- 3.在風大的區域，植物與土壤的固定成為最重要的考量，並且以耐風、抗風的植物為首選。

二、建築物主體條件：

- 1.建築物的「設計載重」是否能夠承受新設置的綠屋頂重量，以利保障建築結構安全。
- 2.屋頂原「防水性能」是否需額外加強防水構造。
- 3.建築物屋頂「洩水坡度」與「落水頭」位置，有助於綠屋頂規劃時的整體配置及維修孔位置留設。
- 4.屋頂原設置「女兒牆高度」，以利思考將來綠屋頂使用時的防墜落課題。
- 5.建築物的「樓梯與逃生避難規劃」，以確認新設綠屋頂對於原建築物之逃生避難無妨礙之虞。
- 6.國外建築法規一般允許有高度五十至九十公分的設備層在屋頂上，以收納各種管線，讓屋頂面積更完整，同時儘量將屋頂上的管線集中在一起，減少屋頂空間的雜亂配置。這些在建築本體

設計時，就應該考慮進去。

專業的綠屋頂設計和施工非常重要。世界各國包括美、歐、中國，都推行綠屋頂專家（Green Roof Professional GRP）認證，以合格的設計施工專業人員來減少綠屋頂不當施作的後遺症。我國推行綠屋頂尚在起步階段。為求去除民眾對綠屋頂刻板漏水與積水的印象，屋頂綠化設計宜由合格施作廠商、專家或相關專業協會團體進行複驗，以確保綠屋頂施作成功。



圖4-1-1-1

第二節 綠屋頂構造因素

綠屋頂因其型式之不同，構造亦略有不同，但一般皆包含有植栽層、介質層、過濾層，蓄排水層、阻根層，及防水層，本章將詳述各層之構造要素。



一、植栽選擇

不同型式的綠屋頂，其樓板載重、介質厚度不同，適用的植栽也有差異，以下分別說明三種常見屋頂綠化其植栽選擇原則與種類。

（一）薄層綠屋頂常用植栽選擇原則與種類

植栽選用原則

屋頂綠化的位置特殊、生態嚴酷，這樣的生態條件與普通地面有很大的差異，植被難以生長良好，養護難度高且養護成本也必然要加大。因此，屋頂綠化植物材料的選擇必須要適地適種，從屋頂的實際環境加以考量，因地制宜，全面考慮各種不利因素的影響。

薄層綠屋頂植物的選擇應具有以下特性：

- 1.遵循植物多樣性和共生性原則：將多種植物種類組合起來種植，效果較好。
- 2.生長特性和觀賞價值相對穩定：選擇可長期維持生長勢和觀賞效果穩定的植物種類，生長受環境變化影響較小。
- 3.高度矮、風阻小：以低矮灌木、草坪、地被植物和攀緣植物等為主。
- 4.植株淺根：為適應薄層介質，植株應淺根且有較發達的橫向或鬚根系，不宜選用根系穿刺性較強的植物，以防止植物根系穿透建築防水層，如榕樹等。
- 5.耐極端氣候：耐熱、耐曬、耐寒、耐高熱風、耐較大的晝夜溫差。
- 6.抗逆性強：抗旱、抗溼、抗空氣污染、抗病蟲害且滯塵能力強。
- 7.易移植、耐修剪或生長緩慢：植株耐移植可提高成活率，且生長勢強者經過修剪仍能恢復原本翠綠；而生長慢者則可維持長時間觀賞價值。
- 8.低維護管理：管理粗放，養護管理費用低，完工後可減少人工補植。
- 9.具備強再生能力與自播性：缺株或季節適應生長後，可自動蔓延補滿。
- 10.適當增加色彩豐富的植物種類：利用豐富的植物色彩來美化建築環境。



圖4-2-1-1

↑高雄前金國中屋頂薄層綠化用草花增添景觀趣味。

常用植物種類

以多肉植物、地被植物、灌木、香草植物、台灣原生植物、草坪等種類為主分別介紹。

1. 多肉植物類

具有植株低矮、葉片緻密多肉化等特徵。多肉植物雖然耐旱，且於春季生長旺盛，但開花後植株生長衰落、夏季高溫濕熱等問題須克服。建議種植採用排水性佳的介質，促進植物生長。此外須注意臺灣北、中、南部環境之差異，植物選擇亦不盡相同。

多肉植物類之生長特性與適種地區

表4-2-1-1

垂盆草 *Sedum sarmentosum*



生長特性：適應力強，耐極端氣候，但水分充足等良好環境下生長快速，易入侵其他植物。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部

松葉景天 *Sedum mexicanum*



生長特性：具耐旱能力，於春季開花茂盛，花色鮮黃耀眼，但須注意開花後有生長衰落情形，此時花莖需修剪，避免病蟲害滋生。

光照條件：全日照

適種地區：北部

萬年草 *Sedum hispanicum*



生長特性：鬚根性根，接觸地面易長不定根。全日照下葉片叢生於莖端，下位葉易脫落。可適應高濕度環境，具耐寒性。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

圓葉景天 *Sedum makinoi*



生長特性：於高溫期葉片為綠或黃色，冬季葉緣呈紅色，具觀賞性。水分充足下生長快速。

光照條件：全日照

適種地區：北部

小花松葉牡丹 *Portulaca gilliesii*



生長特性：耐熱及耐旱性強，夏季高溫少數仍表現良好的植物，且葉色轉紅，具觀賞價值。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

大花松葉牡丹 *Portulaca grandiflora* ‘Jewel’



生長特性：多年生品種。高溫期生長旺盛，於早晨開花豔麗，但冬季低溫期植株縮小休眠。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

彩虹馬齒牡丹 *Portulaca oleracea* ‘Hana Misteria’



生長特性：性喜高溫全日照，植株具耐旱性，但不耐寒，充足澆水可促進生長及開花。若長出全綠枝葉，需立即剪除以維持美觀。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

小花馬齒牡丹 *Portulaca oleracea* ‘Wildfire’



生長特性：耐熱及耐旱性強，不耐低溫，須注意冬天地上部休眠的情形；但於春季回復生長，尤以夏季表現最佳。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

2.地被植物類

地被植物類之生長特性與適種地區	
表4-2-1-2	
怡心草 <i>Tripogandra cordifolia</i>  生長特性：莖節上易生成不定根。適應力佳，適合種植於低維管地區。但水分和肥料充足下植株生長快速，需定期修剪。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	
小蚌蘭 <i>Rhoeo spathacea ‘Compacta’</i>  生長特性：葉背為紫紅色，具觀葉價值。生性強健，耐旱性強，適合在強光下栽培，也可適應較為陰暗的環境，見易栽培密植。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	
彩葉蚌蘭 <i>Rhoeo spathacea ‘Variegata’</i>  生長特性：葉色光線適應強，冬季應減少澆水，排水需良好。若植株過於擁擠或老化，可分株另植，促進新株萌發。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	
吊竹草 <i>Lebrina pendula</i>  生長特性：喜半日照環境，高光下葉片具焦枯現象，需充足供水維持生長。適合環境下生長速度快，入侵性強。 光照條件：全日照 適種地區：北部	
蜘蛛百合 <i>Hymenocallis speciosa</i>  生長特性：常綠球根草本，地下莖為粗大球形鱗莖，夏季開花，花白色、星形，適植於日照充足、溫暖環境。但須注意誤食鱗莖會引起嘔吐、腹瀉、腹痛及頭痛等症狀。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	

文殊蘭 <i>Crinum asiaticum</i>  生長特性：常與蜘蛛百合混淆，葉片較寬，且花被基部無蹼狀物。大型多年生球根草本植物，喜溫暖有陽光及水份充足之處，具耐濕、抗風能力。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	
斑葉桔梗蘭 <i>Dianella caerulea ‘Silvery Stripe’</i>  生長特性：喜全日照，耐乾旱、耐貧脊，栽培容易。葉色亦具有觀賞價值，花期為春至夏季。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	
紅籠草 <i>Alternanthera dentata ‘Rufiginosa’</i>  生長特性：生性強健，容易管理，對光照和水分適應廣。繁殖力強，於冬春季開花後，種子散落，周圍佈滿新生植株。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	
蔓性野牡丹 <i>Dissotis rotundifolia</i>  生長特性：適應性佳且繁殖力強，生長迅速，具良好覆蓋性。易入侵其他植物，需定時修剪。於春季開花，顏色豔麗。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	
矮性翠蘆莉 <i>Ruellia brittoniana ‘Katie’</i>  生長特性：喜好溫暖潮濕。過度缺水會開花不良，開花期應每日清除殘花，以免影響觀賞性。繁殖容易、成活性高，具耐濕性，建議夏季增加澆水量。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	

斑葉絡石 *Trachelospermum asiaticum* ‘Tricolor’



生長特性：為觀葉品種，新葉白色或粉紅色，具有高觀賞價值。匍匐生長於地面生根。於夏季需增加澆水頻度。

光照條件：全日照

適種地區：北部

矮筋骨草 *Ajuga pygmaea*



生長特性：植株低矮，適種於強風之環境。葉片墨綠油亮，開紫色花，半日照環境為佳，適量供水可促進生長。繁殖藉由走莖末端新生植株。

光照條件：半日照

適種地區：北部

蔓花生 *Arachis pintoi*



生長特性：植株匍匐生長迅速，莖節易長不定根。除了冬季或酷寒，全年開黃色花朵，具觀賞價值。性喜高溫多濕，夏季水分需求大，葉片易枯萎。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：中部

粉團蓼 *Polygonum capitatum*



生長特性：莖匍匐生長，結實率高，種子傳播快易發芽，對氣候適應性強、生長迅速。冬季葉色轉紅更增加美觀性。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

紫嬌花 *Tulbaghia violacea*



生長特性：具圓柱形小鱗莖其莖葉均含韭味。土壤需常保濕潤，亦須避免積水。日照需充足，且夏季需增加灌溉量。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

繁星花 *Pentas lanceolata*



生長特性：生長開花良好，對環境適應力佳。耐旱性佳，但若種植於屋頂需注意初期苗木品質，植株過高時應進行修剪。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部

黃邊虎尾蘭 *Sansevieria trifasciata* ‘Golden Hahnii’



生長特性：多年生宿根草本，水分需求低，耐旱性強。冬天生長停滯，不耐寒。高光曝曬下易引起日燒症。避免種植於潮濕環境，以免引發細菌性軟腐病。

光照條件：半日照

適種地區：中部、南部

腎蕨 *Nephrolepis auriculata*



生長特性：根下有塊莖呈球形，肉質，故耐旱性佳，但供應充足之水分生長快速。夏季植株生長停滯，應增加灌溉頻度。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

狐尾武竹 *Asparagus densiflorus* ‘Myers’



生長特性：地下部有肥大塊莖，具耐旱性。狐尾武竹成株叢生狀，耐陰性強，成長期喜好濕潤，水分需充足，夏季忌強光直射。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

沿階草 *Ophiopogon japonicus*



生長特性：多年生草本地被植物，根纖細。沿階草既能在強陽光照射下生長，又能忍受蔭蔽環境，且耐熱性與耐寒性等也極佳。另有斑葉品種較喜強光環境。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

蔥蘭 *Lephyranthes candida*



生長特性：蔥蘭喜陽光充足，耐半陰、耐旱、耐寒，肥沃且排水良好的土壤有利植株生長。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部

韭蘭 *Lephyranthes carinata*



生長特性：生性強健，極易生長，性喜高溫，乾旱環境亦可生長。春末至秋初皆會開花，成株後日照充足，高溫後若降雨，則開花茂盛。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部

麒麟花 *Euphorbia milii*



生長特性：莖幹粗肥多汁，具耐旱性，生性強健，對環境適應力強。低溫潮濕時，有葉片掉落情形。因植株莖幹具有儲水能力，因此春夏兩季表現良好，耐旱性強。生長緩慢，建議密植。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

細葉雪茄花 *Cuphea hyssopifolia*



生長特性：初期種植生長旺盛、葉色濃綠，陽光曝曬下，開花量降低、葉色轉黃。在灌溉充足條件下生長快速，需定時修剪。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：半日照

適種地區：北部

斑葉六月雪 *Serissa foetida 'Variegata'*



生長特性：喜日照充足、排水良好。隨著夏天的高溫，對水分需求提高，以免植株枯死。植株耐修剪，枝葉開花愈茂密。

光照條件：全日照

適種地區：北部

錫蘭葉下珠 *Phyllanthus myrsinifolius*



生長特性：性喜高溫，光線條件適應廣，水分需求大。繁殖力及再生力強，耐修剪。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部

翠蘆莉 *Ruellia brittoniana*



生長特性：此為高性種，株高達30~100 cm，植株過大時應進行修剪。春至秋季均可開花，且花期長。栽培特性同矮性翠蘆莉。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

矮仙丹花 *Isorax williamsii*



生長特性：喜好充足陽光，光線不足開花稀少，耐高溫，但不耐寒。植株生長過密時，應適時修剪，以秋季為佳。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部

3.灌木類

灌木類之生長特性與適種地區

表4-2-1-3

杜鵑 *Rhododendron spp*



生長特性：喜歡溫暖濕潤、高濕度和酸性土壤環境，但盡量避免強烈的日光照射，且水分需供應充足。常見栽培品種有平戶、皋月杜鵑。誘鳥誘蝶植物。

光照條件：半日照

適種地區：北部、中部、南部

4. 香草植物類

香草植物類之生長特性與適種地區

表4-2-1-4

芳香萬壽菊 <i>Tagetes lemmonii</i>	
	生長特性：芳香萬壽菊生長快速，覆蓋性佳，適合種植於屋頂的香草植物之一。種植時以全日照環境為佳，充分濕潤土壤，經常修剪枝條可促進生長。誘鳥誘蝶植物。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部
斑葉到手香 <i>Plectranthusamboinicus ‘Variegata’</i>	
	生長特性：斑葉品種具觀賞性，植株具特殊香味，故蟲害少。耐高溫且抗旱，冬季低溫生長停滯，春季開紫色花，需注意修剪時期。另有圓葉品種，適應性皆良好。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
檸檬香蜂草 <i>Melissa officinalis</i>	
	生長特性：喜生長於溫暖潮濕之處，生命力強健，易栽培，具耐熱性，日照或半遮陰栽培均可。建議可定時摘心。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部
迷迭香 <i>Rosmarinus officinalis</i>	
	生長特性：喜日照充足、良好通風，容易栽培，具耐旱性、少蟲害。常見栽培問題為環境過於潮濕，植株易生長不良。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部

茴香 <i>Toeniculum vulgare</i>	
	生長特性：喜全日照環境，對水份的需求量高，栽培介質需常保濕潤，否則植株因缺水而枯萎，導致植株纖維化而影響口感。 光照條件：全日照 適種地區：北部
甜菊 <i>Stevia rebaudiana</i>	
	生長特性：日照良好、溫暖濕潤的氣候，且排水良好土壤環境，生長迅速，莖葉產量高。當植株生長旺盛需要立支柱撐扶。 光照條件：全日照 適種地區：北部
紫蘇 <i>Perilla frutescens</i>	
	生長特性：對高溫忍受性強，加強澆水，可提高產量和品質。經常性摘心或修剪枝條，可使植株茂盛，也可避免提早開花。 光照條件：全日照 適種地區：北部

5.臺灣原生植物

臺灣原生植物類之生長特性與適種地區	
表4-2-1-5	
蔓荊 <i>Vitex rotundifolia</i>  生長特性：適應性較強，對環境條件要求不嚴。喜溫暖濕潤，耐鹽、抗風性強。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部	
土丁桂 <i>Evolvulus alsinoides</i>  生長特性：光照充足，植株匍匐密貼地面生長。根系不耐濕，故需排水良好之介質栽培。 光照條件：全日照 適種地區：中部、南部	
銳葉小槐 <i>Chuvia caudata</i>  生長特性：銳葉小槐於北部全年表現良好，生性強健，生長快速。喜全日照，忌長期濕潤之土壤。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	
小葉赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>  生長特性：排水、日照需良好，栽培土質以砂質土壤為佳。春季需修剪整枝，以維持樹型。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部	
穗花木蘭 <i>Indigofera spicata</i>  生長特性：對環境適應性及拓展性強，生長迅速，同時具有改善土壤與當綠肥之功用。植株耐旱不耐濕，但夏季仍需供給水分，否則造成植株枯死的現象。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	

越橘葉蔓榕 <i>Ticus vaccinioides</i>  生長特性：外型低矮匍匐，建議可採植栽毯方式種植。生性強健，水分不足葉片易枯黃萎凋，亦忌積水。 光照條件：半日照 適種地區：北部	
雷公根 <i>Centella asiatica</i>  生長特性：它對於環境條件的要求不嚴，僅需土壤維持適當濕度即生長良好，蔓延力強。不定根具吸收營養、固定植株的功能。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部	
雞兒腸 <i>Kalimeris indica</i>  生長特性：為宿根性草花，生性十分強健、性喜高溫、耐旱又耐濕。四季皆能開花，每年夏末可進行強剪並少量施肥，促使萌發新芽令其枝葉茂密。 光照條件：全日照 適種地區：北部	
射干 <i>Belamcanda chinensis</i>  生長特性：自行由根莖萌生小苗，於日照和水分充足之地，植栽生長快速。植株過於高大時，需修剪整理。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部	
臺灣佛甲草 <i>Sedum formosanum</i>  生長特性：又名「石板菜」，為多年生草本植物。生長於濱海地區，葉片肥厚，能抵禦乾旱。建議種植於排水性良好之土壤環境。 光照條件：全日照 適種地區：北部	

山菊 *Tarugium japonicum*



生長特性：為臺灣特有變種，又稱大吳風草。多年草本植物，葉為基生之革質厚葉，具長柄，常綠，邊緣多角形，葉身如蟹甲，性喜半日照潮濕的環境，常分佈於林下。

光照條件：半日照

適種地區：北部、中部

(二) 盆鉢型綠屋頂常用植栽選擇原則與種類

植栽選用原則

盆鉢型綠屋頂植物多數以草花、葉菜類、瓜果蔬菜類為主。常應用為「屋頂農園」，可明顯提高居民互動，且具經濟效益，同時自行自製堆肥，鼓勵資源回收等，建立環保低碳概念。



圖4-2-1-2

↑ 佐賀社區屋頂農園增進居民的互動交流。

此類型屋頂綠化通常需要經常性維護管理，對於植栽選擇上的限制小，但仍需避免選用會破壞建物等硬體設施的植栽種類。

1. **植栽高度限制：**植栽選用應考量盆器大小或介質厚度。
2. **注意植株根系：**為避免根系由盆器排水孔竄出影響防水層，不宜選用根系強健種類。
3. **耐修剪或生長緩慢：**考量風力等因素，植株應維持高度，故種植草花等觀賞植物類應以耐修剪為優先考量，且因植株根系受侷限，生長緩慢者受影響小。

常用植物種類

植栽種類可分為蔬果類和草花等觀賞植物類，後者除下列介紹外亦可參考前一章薄層綠屋頂植物，以下為適用植栽介紹：

6. 草坪

草坪植物之生長特性與適種地區

表4-2-1-6

臺北草 *Loyisia matrella*



生長特性：臺北草作為草毯鋪設，且在冬、春兩季表現皆良好，但於夏季高溫情況下，須配合適當灌溉和修剪，以維持良好景觀。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

假儉草 *Eremochloa ophiuroides*



生長特性：假儉草於冬季、土壤介質較濕的環境下，部分葉片爛掉，加上人為踩踏後容易形成禿塊。

光照條件：全日照

適種地區：中部、南部

地毯草 *Axonopus compressus*



生長特性：於其葉片較粗大，喜溼潤，耐高溫、耐陰性良好，但耐寒性差。分為巴西種和臺灣原生種，低肥亦可生長，匍匐性優，貼地性佳

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

*以上建議植物種類僅供參考，實際選種仍依當地環境及施作者需求而調整。

1.蔬菜類

蔬菜類之生長特性與適種地區

型式	全年生產	夏季生產 (5-10月)	冬季生產 (11-4月)
葉菜類	甘藍、包心白菜、小白菜、青江菜、芥藍、芥菜、茼蒿、蕨菜（過貓）、落葵（皇宮菜）、芹菜、油菜*、空心菜*、莧菜*、甘藷菜*、紅鳳菜*、隼人瓜苗（佛手瓜苗）*	以快速綠化且短期使用為目的，受環境因素限制小	菠菜、茼蒿、苦苣（菊苣）、野苦苣（吉康菜）、蒜菜（加萊菜）
根莖菜類	蔥、蘿蔔、甘薯*、芋頭*、薑	綠竹筍、麻竹筍、蘆筍、筴白筍、蓮藕	大蒜、冬筍、胡蘿蔔、馬鈴薯、洋蔥
花果菜類	花椰菜、菜豆、毛豆、番茄、甜椒、茄子*、胡瓜*、苦瓜*、冬瓜*、絲瓜*、南瓜*	金針花、黃秋葵	豌豆、皇帝豆

* 本表僅供參考，實際情形依地區、品種、氣候、栽培方式而略有差異。全年生產的蔬菜種類，凡打” * ”者表示夏季（5-10月）較盛產，其餘大多冬季（11-4月）較盛產。另有些種類如芽菜類、洋菇等則幾乎不受天候影響，全年均可生產。（資料來源：蔬菜消費實用手冊）



2.草花類：

其他如香草植物、地被植物、灌木類等請參閱薄層綠屋頂植物選擇。

草花類之生長特性與適種地區

表4-2-1-8

四季秋海棠 *Begonia semperflorens*



生長特性：全日照環境，忌高溫多濕，培養土以通氣良好之腐葉土或肥沃砂質壤土為佳，否則根莖易腐爛。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

非洲鳳仙花 *Impatiens walleriana*



生長特性：花色豐富，性喜溫暖，生育適溫15-25℃，且避免積水的生長環境。具耐陰性，花期特長，全年都可開花。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

一串紅 *Salvia splendens*



生長特性：性喜溫暖，生育適溫約15-30℃。生性強健，喜充足日照，栽培土質以排水良好為佳。對土壤鹽分敏感，施肥濃度太高經常會引起葉片脫落。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

矮牽牛 *Petunia xhybrida*



生長特性：屬長日照植物，全日照栽培為佳。不耐寒，夏季耐高溫，但需充足水分，保持盆土濕潤。忌多濕環境，花朵易褪色或腐爛。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

雞冠花 *Celosia argentea*



生長特性：栽培土質以排水良好的培養土。耐熱性佳，需充分日照。不耐旱，缺水易使葉片萎軟。重鉀鈣肥，其增加莖強度，避免花序萎軟。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

粉萼鼠尾草 *Salvia farinacea*



生長特性：喜陽光充足，通風良好的環境。高溫潮濕環境，容易滋生蟲害。花期過後施予強剪，可萌發新枝。定植後摘心促使多分枝，能多開花。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

藍星花 *Evolvulus nuttallianus*



生長特性：易種植，性喜高溫。光線不足，枝條易徒長，開花情形也不佳。夏季水分供應需充足，全年均能開花。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

彩葉草 *Coleus hybridus*



生長特性：生性強健、觀賞期長且生長快速的植物，具耐熱品種。植株生長過於高大，必須定期加以修剪。切記夏季高溫多溼的期間容易罹病。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

（資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」）

*以上建議植物種類僅供參考，實際選種仍依當地環境及施作者需求而調整。

（三）庭園型綠屋頂常用植栽選擇原則與種類

屋頂所在的氣候和土層環境往往較為惡劣，而且又受到建築物結構的限制，所以屋頂綠化要遠比一般自然地面的綠化來得困難。茲將屋頂環境限制大致如下：

氣候環境方面

- 1.都市的熱島效應，致使植栽常面臨高溫、烈日和乾旱等逆境。
- 2.強勁的地形風，如高樓風和角隅風常使植栽受害。
- 3.都市空氣污染，如落塵和臭氧等亦常妨礙植株生育。

→高樓風勢強勁且風向多變。



圖4-2-1-3

土層環境方面

- 1.由於承載重量的限制，土層厚度受限，以致根系生長受阻，支持力不足。尤其栽植高大喬木最為困難。
- 2.因植栽土層體積較小，又常位於人工地盤之上，致土溫變化較自然地面激烈，較不利根系生長。
- 3.高溫乾燥和強風等環境使蒸發散量增加，而又缺乏地下水溢注，容易於造成水分缺乏。
- 4.人工地盤排水不易，澆水太多，易造成積水。
- 5.土壤介質的劣變速度遠較自然地盤快；或因選取輕量的人工無土介質，兩者均易造成養分缺乏。



圖4-2-1-4

↑排水不良造成積水不散。

建築結構上之限制

- 1.承載重量的限制，使栽植土層和植栽大小受限。
- 2.排水的斜度和設施若處理不良，常易造成植栽缺水或積水。
- 3.人工地盤植栽上所澆灌的水以及植栽的根系，若未有適當的防範，容易破壞樓地板上的防水層，造成建築物漏水等問題。

植栽選用原則

由於屋頂綠化植栽立地環境較為惡劣，為提高綠化的效果，尤應注意植物種類的選擇上應盡量滿足下列條件：

- 1.能適應環境的植物種類，即符合「適地適種」的原則。
- 2.耐環境逆境，尤其是耐旱、抗風和耐空氣污染之種類。
- 3.生長健壯、移植容易且移後恢復速度快的種類。
- 4.由於土層限制，應選擇淺根系且伸展範圍大之種類。
- 5.對管理維護要求較低的種類，如耐貧瘠、耐修剪且生長緩慢的種類。

而庭園式綠化植栽最重要限制因子應在土層厚度及土壤品質，亦即只要土層夠厚，排水通氣佳，根系便可伸展良好，植栽自然就生長健壯。因此對大部分的草坪植物、草本花卉、灌木植物和藤蔓類植物而言，通常只要能適應當地的氣候環境之種類，亦均可在屋頂上應用。而喬木植物則因經常面臨土層厚度不足，土壤透水性差和受風面大等困擾，栽植較為困難，因此最應注意選擇適用的種類。

常用植物種類

透過播種、鋪設、移植和定植等型式種植豐富多樣化的植物，包括喬木、灌木、地被植物、藤蔓植物、草坪等。茲依上述條件列出較適用的植栽種類，地被植物、草坪等，其他植物請參閱前兩章節內容，藤蔓植物、灌木及喬木類舉例如下：

1.藤蔓植物類

藤蔓植物類之生長特性與適種地區

表4-2-1-9

九重葛 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	
	生長特性：生長快速，易於栽培，枝條也相當有韌性，花性喜高溫環境，在陽光充足排水良好的地方花就能開得很茂盛。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
軟枝黃蟬 <i>Allamanda cathartica</i>	
	生長特性：性喜高溫多濕，種在全日照等地均生長迅速，於遮陰處則難開花，而且枝葉也會顯得稀疏。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部

大鄧伯花 *Thunbergia gradiflora*



生長特性：性喜光照環境，生長迅速，分枝性強，全株密生細毛，有很強的攀爬性。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

蒜香藤 *Pseudocalymma alliaceum*



生長特性：因葉片有大蒜的味道，故名而來。蒜香藤對土質不拘，盆植或地植皆宜。栽培地點一定要光照充足，否則開花稀疏或不開花，全日照的環境最佳。

光照條件：全日照

適種地區：北部、中部、南部

爬森藤 *Parsonsia laevigata*



生長特性：爬森藤的原生態區位於海岸林緣地帶，濱海環境通常是風大、鹽分高、土壤貧脊及太陽輻射強烈的環境，故此種植物的適應環境能力極強。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部

珊瑚藤 *Antigonon leptopus*



生長特性：其根肥厚，莖蔓攀力強，性喜高溫，在熱帶或亞熱帶南部涼爽季節中，生長繁茂。春暖後發芽長葉；冬季氣溫10℃以下時，葉色會變成墨綠有時微枯。病蟲害少。

光照條件：全日照

適種地區：北部

(資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊—建構及維護管理」)

2.灌木類

表4-2-1-10

灌木類之生長特性與適種地區

月橘 <i>Murraya paniculata</i>	
	生長特性：別稱七里香，為常綠灌木或小喬木，株高可達1-3公尺，樹皮灰白。喜溫暖較濕潤的氣候，不耐寒，生長適合溫度介於攝氏20-28度，常見於石灰岩地區。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	
	生長特性：薔薇科石斑木屬的常綠灌木，廣佈亞洲東、南部，及東南亞諸島，常生長於道路邊坡與溪邊。石斑木生性強健，喜光、耐水濕、耐鹽鹼土、耐熱、抗風及耐寒。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
馬纓丹 <i>Lantana camara</i>	
	生長特性：整株都有著短短的粗短的軟毛，小莖呈稜角狀，小枝方形，在稜角上有小倒鉤。無論雨水充足，抑或乾旱地區，都見其影蹤，甚至入侵原生草木。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
梔子花 <i>Gardenia jasminoides</i>	
	生長特性：喜濕潤、溫暖、光照充足且通風良好的環境，但忌強光直射。宜用疏鬆肥沃與排水良好的酸性土壤種植。 光照條件：半日照 適種地區：北部
紅花玉芙蓉 <i>Leucophyllum frutescens</i>	
	生長特性：常綠小灌木，莖皮灰白色，有不規則縱裂紋，喜生長在溫暖稍乾的環境。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部

銀葉菊 <i>Centaurea Cineraria</i>	
	生長特性：為菊科的多年生草本植物，植株多分枝，葉片佈滿銀白色柔毛，苗期可耐-5℃低溫，喜光，冬季宜須充足的光照。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部
變葉木 <i>Codiaeum variegatum</i>	
	生長特性：性喜陽光充足和溫暖的氣候，春天到夏天的生長期需要充足的水份。生長適溫為20-32℃，不耐寒。冬天若溫度低於15℃以下就會停止生長，葉色不鮮豔，色澤轉為較黯淡，缺乏光澤。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
福建茶 <i>Carmona microphylla</i>	
	生長特性：喜光和溫暖、濕潤的氣候，不耐寒，適生於疏鬆肥沃及排水良好的微酸性土壤。萌芽力強，耐修剪。 光照條件：半日照 適種地區：北部
五彩千年木 <i>Dracaena marginala</i>	
	生長特性：彩虹竹蕉又稱為五彩千年木，生長速度慢，木質莖幹細長直立，因原產在熱帶區域，溫度在20-35℃之間生長旺盛。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部

（資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊—建構及維護管理」）

3.喬木類

表4-2-1-11

喬木類之生長特性與適種地區

羅漢松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	
	生長特性：羅漢松屬於中性偏陰性樹種，能接受較強光照，也能在較遮陰的環境下生長。不同於其他松柏門的植物，羅漢松喜歡溫暖濕潤的氣候、耐寒性較弱。 光照條件：半日照 適種地區：北部、中部、南部
黑松 <i>Pinus thunbergii</i>	
	生長特性：又稱為日本黑松，原產日本及朝鮮半島，樹形優美且抗旱，抗松毛蟲能力比濕地松或琉球松強。 光照條件：半日照 適種地區：北部、中部、南部
竹柏 <i>Nageia nagi</i>	
	生長特性：葉脈平行似竹葉而得名，材質似杉木，故有山杉之稱。喜溫暖環境，不耐濕亦不耐寒。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
臥柏 <i>Juniperus procumbens</i>	
	生長特性：常綠匍匐性灌木，樹形不規則，隨地形偃生，故稱偃柏。樹幹及枝條扭卷，屢作匍匐性橫臥，葉鱗形，四月開花。 光照條件：半日照 適種地區：北部、中部、南部
龍柏 <i>Juniperus chinensis</i>	
	生長特性：為本屬植物圓柏（檜）的變種樹冠圓柱形似龍體，側枝稍有螺旋體。陽性植物，耐寒性不強，抗有害氣體，滯塵能力強，耐修剪，通常採用扦插和嫁接繁殖。 光照條件：半日照 適種地區：北部、中部、南部

臺灣海棗 <i>Phoenix hanceana</i>	
	生長特性：樹幹粗壯而通直的樹型與不易落葉的特性，常被用於景觀應用。性喜高溫多濕之生長環境，適合生育適溫約20~28℃。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部
福木 <i>Narcinia subelliptica</i>	
	生長特性：福木為熱帶或亞熱帶所產的常綠喬木，枝葉茂密，樹冠呈尖塔狀或橢圓狀，性喜高溫多雨的氣候 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
玉蘭花 <i>Magnolia denudata</i>	
	生長特性：玉蘭花大、潔白而芳香，是中國著名的早春花木。生長速度較慢，喜光照、耐陰及耐寒，根肉質且不耐水淹。 光照條件：全日照 適種地區：北部、中部、南部
洋玉蘭 <i>Magnolia grandiflora</i>	
	生長特性：洋玉蘭原產北美地區，後引進臺灣，因花徑可達20公分，又具香氣，是良好的行道及庭園觀賞樹。 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	
	生長特性：為山茶科常綠喬木。在日本，自江戶時代起為常見的景觀設計植物。喜陰濕環境，在常綠闊葉樹下生長旺盛。也喜光，較耐寒，能忍受-10℃低溫 光照條件：全日照/半日照 適種地區：北部、中部、南部

茶花 *Camellia japonica*



生長特性：茶花性喜溫暖、濕潤及酸性土壤的環境。花期較長，約為10月到翌年5月，盛花期通常在1-3月。

光照條件：半日照

適種地區：北部、中部、南部

緬梔 *Plumeria rubra*



生長特性：緬梔花就是我們平常知道的「雞蛋花」，因其花瓣乳白似蛋白，且心基部具有鮮明的黃色又如蛋黃，而得名。性喜濕熱氣候，耐乾旱，喜生於石灰岩石地，扦插繁殖極易成活。

光照條件：全日照/半日照

適種地區：北部、中部、南部

（資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」）

以上建議種類並不表示其全然適合作為庭園型綠屋頂植栽，只代表其整體的相對條件較為優良而已，實際應用時仍受苗木品質、立地環境和維護管理等因素而影響其綠化效果。

二、介質種類

1.薄層綠屋頂

介質選用原則

為考量屋頂的承載能力，故土層無法太厚，一般採用砂質壤土、腐植土與人工介質混拌而成的輕質土。如何選擇好屋頂介質，使其既能滿足植物健康生長的需要，又能有效減輕屋頂承載，是綠屋頂的重要課題。介質選用必須考慮輕量化、保水性佳、排水性佳、保肥性佳、不會硬化、不易分解及顆粒於大雨時不易漂浮等條件。

輕質

薄層綠屋頂適宜承重條件苛刻的建築物屋頂，對屋頂介質重量有嚴格的要求。自然土壤比重一般都在1.3g/cm³以上，不宜用於薄層綠屋頂，適合於薄層綠屋頂的屋頂介質於風乾和飽和水狀態下比重應在0.8 g/cm³左右。

薄層

在現有的屋頂實施綠化，盡可能降低種植層厚度，以減少對建築物承載的負擔。然而，降低介質層的厚度，必然會降低其水分、養分供應能力、溫度調節能力、根系生長空間等植物必需的生長條件，為了解決這個問題，對栽培介質本身的物理、化學特性需要有嚴格的要求。

穩定

薄層綠屋頂完成施工後，其使用年限最好在5-20年以上才有推廣價值。影響綠屋頂壽命主要是建材品質、施工技術及植物特性，其中生長介質性質長期穩定是關鍵因素。因為屋頂綠化一旦建成後，更換或回補生長介質的難度將會很大。劣質的綠屋頂栽培介質在使用不長的時間裡，由於材料的破碎或有機質分解，結構性及體積會發生很大變化，使得養分釋放和酸鹼度環境也會隨植物根系吸收和分泌作用而發生劇烈變化，因而不利於植物生育。因此綠屋頂介質的物理結構、酸鹼度、養分供應等穩定性要長久。

環保

不污染環境是綠屋頂的基本要求。過去的人工栽培介質原料大部分是選自天然無機礦物（珍珠石、蛭石、發泡煉石）和天然有機材料（稻穀、泥炭土、水苔）。隨著礦產資源的日益匱乏和栽培介質產業的本身發展，對工、農業廢棄物進行資源化再利用，是栽培介質發展的重要趨勢。千里迢迢的從國外運來發泡的礦石，碳排放實在太高。因此，屋頂綠化介質要求要選擇清潔材料和無公害生產技術，應儘量考慮本地的環保再生材料如陶石、保綠人造土及磚粒等，做到介質的製造和使用不會對環境造成污染，有部分廠商推廣用爐渣混拌的輕質土，因其重金屬含量不明，恐有污染農作物之考慮。



圖4-2-2-1
↑混拌的輕質土壤。

薄層綠屋頂介質特性

介質對屋頂植栽種類選擇有很大的影響，理想的介質兼具質輕、保水、通氣、保肥及穩定不易分解等特性。歐美屋頂綠化常以輕質材料（lightweight aggregate）取代傳統介質，主要是將天然介質如黏土、頁岩、板岩經高溫燒製而成，使介質內部藉由膨脹所形成的孔隙能保留水，且減輕介質重量，如膨脹黏土（陶石、磚粒、發泡煉石）、膨脹頁岩（珍珠石、發泡黑曜岩、晶曜石）等。屋頂輕質土一般採砂質壤土混合人工介質，可選用當地現有資源，再依據植物及氣候環境作調整。德國景觀發展與設計協會（Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, FLL）針對薄層綠屋頂介質特性，制訂標準為容水量35%至65%、充氣孔隙度≥10%。

栽培介質應選用不易流失、體積穩定之專用介質（如陶石、磚粒、保綠人造土、沸石、砂質壤土等）。土壤粒徑大於1mm者應不少於總體積之30%，有機介質體積應占總栽培介質體積20%以下。調配後之介質應符合下列規範：

薄層綠屋頂介質之理化特性理想標準

指標項目	薄層型	指標項目	薄層型
土壤粒徑>1mm	≥ 30%vol.	pH值	6-8.5
有機質含量	≤ 65 g/L	EC值	<2.5 dS/m
水滲透率	>3.6 cm/hr	CEC陽離子交換能力	> 10meq/100g
保水力	≥ 50%vol.	比重	0.8~1.0 g/cm ³
飽水下的空氣含量 (充氣孔隙度)	> 10%vol.		

表4-2-2-1



介質厚度對植物生長之影響

介質越厚越能提供較高之含水量，且能提供根部較大生長空間，但薄層型綠屋頂選用輕量介質且厚度淺薄，易造成保水力較低、根圈溫度變動大的問題，因此建議覆土至少10cm，最好是15cm以上。此外，因考量承載的問題，土層厚度一般介於10-30 cm，使植株生長、存活率及覆蓋表現較佳。

薄層綠屋頂介質種類

介質的種類相當的多，目前仍然被不斷的開發出來，介質分有機及無機兩大類：「有機無土介質」有泥炭土、蛇木屑、水草、椰子纖維等；「無機無土介質」有陶石、磚粒、珍珠石、發泡煉石、保綠人造土等。以下針對各種介質分別作介紹。

無土介質分類與種類

無土介質	種類
有機無土介質	泥炭土、椰子纖維、蛇木、稻殼、鋸木屑或太空包木屑、樹皮、蔗渣、禽畜糞等與其他農業回收之腐植質。
無機無土介質	真珠石、陶石、磚粒、岩棉、發泡煉石、砂、保綠人造土、晶曜石、沸石、圭藻土等。

表4-2-2

有機無土介質

泥炭土

古代生物長期沈積轉化之產物，是園藝栽培主要的介質。富含有機質，保水力及保肥力均強，pH值偏酸（商品化者大多已調整過），離子交換能力高、緩衝能力大，惟未加展著劑者，過度乾燥後不易吸水濕潤。泥炭土的品質好壞差異甚大，一般來說，顏色較淡褐色、質地較粗而蓬鬆者，因分解尚未完全，其吸水性、保肥性與通氣性較佳，品質較好；而顏色較深、質地較細而緊密者，因分解完全，其吸水性、保肥性與通氣性較差，不適用於栽種植物。



圖4-2-2-2

泥炭土

椰子纖維

椰子纖維是椰子殼經過細碎，製成各種不同大小的顆粒使用，是新近發展出、且深具潛能的栽培介質；其濕潤後的保水性強，且通氣性甚佳，故極適合需通氣性佳介質的植物的栽植。然含可溶性鹽類（如鈉、氯和鉀鹽等）較高，使用前最好先經淋洗處理；另外椰子纖維亦可混合其他無土介質應用。



圖4-2-2-3

椰纖

蛇木

為樹蕨狀蕨類植物（如筆筒樹、臺灣桫欏等）的莖或氣生根製成，蛇木早期為蘭花栽培的最佳介質之一，現今以國蘭使用較多，具有良好的通氣性及排水性，保水性尚可。蛇木依粗細不同，用途不同，粗的適合一般蘭花及觀葉植物，細的可混合其他介質供觀葉及吊盆植物栽培之用。一般需通氣性較佳的植物可在介質中加入蛇木屑，但偶易發生白色真菌、蟲卵寄生及介質酸化問題；其使用1～2年後會腐壞，需加以更新。



圖4-2-2-4

蛇木屑

稻殼

稻殼質輕，易取得，通氣排水性佳，但保水性差，若為考量增加介質之保水力，可適度將稻殼碳化或粉碎。稻殼的pH近中性，但經炭化或粉碎後則pH提高至8～10左右，同時電導度（EC）也會提高，因此，將稻殼炭化或粉碎時，應特別注意介質pH值的調整。稻殼養分含量並不高，但相當耐分解，若經與禽畜糞或其他含氮較高之有機物混拌後堆積發酵製成堆肥，再與其他材料調配可得到意想不到的良好介質。

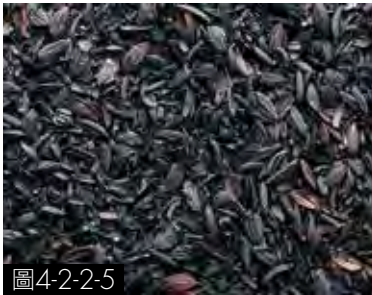


圖4-2-2-5

碳化稻殼

鋸木屑或太空包木屑

鋸木屑由於樹木種類不同性質各異，部分樹種含有酚類物質，選用時應加以注意。鋸木屑使用時通常需先室外堆積一段時間（1年以上）後，再添加氮肥或禽畜糞等材料進行堆積發酵，直至發酵較完全後與其他材料混拌使用。其特性耐分解，保水保肥力強，通氣性良好，且經高溫發酵可有效消除雜草種子、蟲卵及病原菌，為本土化介質常用的材料。太空包木屑種菇後的廢棄物，經過充分醱酵後可作為不錯的栽培介質。

樹皮

樹皮與鋸木屑性質相似，其處理方式也相同，惟樹皮進行堆積發酵前應粉碎，以促進發酵。樹皮排水及通氣性佳，保水性中等，經長時間堆積後可替代部分泥炭土。以樹皮為栽培介質，可單獨用於蘭花的栽培或拌入其他介質作為盆栽之用，以取代日漸昂貴的水苔，使用的效果不錯。但因其缺氮，所以植株在養液需注意氮肥的施用，以免產生植株缺氮的情形而影響生長與品質，另外不同種類的樹皮其pH值亦不相同，松樹皮為酸性，而硬樹皮則為鹼性，故使用時須注意其pH值的控制。

蔗渣

具有高度的保水力，富含碳水化合物，分解快速，大量添加介質中易造成通氣性不良及體積縮減，通常僅限於短期栽培時使用。完全腐熟之甘蔗渣，使用時應佔介質體積20%以下，並增加氮肥施用量。

其他農業廢棄物

如玉米穗軸、高粱桿、香菇栽培木屑等。

禽畜糞

如牛糞、雞糞等，富含營養成分，分解快速，利用時通常先與較耐分解的材料（如鋸木屑、稻殼及樹皮等）混合後堆積發酵後使用，惟在介質應用上其混拌比例不宜過多，以免造成電導度（EC）過高及分解快速導致介質體積縮減。

名詞註釋

電導度(EC)：為一種度量固體肥料調配成營養液後分解形成離子態之程度。

無機無土介質

如晶曜石、蛭石、真珠石、陶石、磚粒、砂及發泡煉石等，主要以增加介質內大孔隙比例，以提高介質排水及通氣性。簡介如下：

晶曜石

晶曜石號稱「土壤中的氧氣包」，為黑曜岩經特殊高溫燒製而成，成份為二氧化矽，內部有無數貫穿型的孔隙，而水分無法進入孔隙，此特殊結構就變成保存氧氣的空間，因此具有保氣排水的功能，適合台灣多雨潮濕的環境，能在排水不良的土壤中提供必需的氧氣。晶曜石比重0.1，搬運及現場作業時方便輕盈，作為通氣排水層施作時晶曜石顆粒之間會互相緊密接合，讓水和空氣以外的土壤顆粒不會通過，酸鹼值適中，可長久使用不會腐爛。



圖4-2-2-6

晶曜石



圖4-2-2-7

晶曜石

植生沸石

沸石由鋁氧四面體與矽氧四面體兩種單元所建構而成的網狀架構，表面空隙多，佈滿陰離子，可吸附土壤中的陽離子，對於淋洗、缺肥嚴重的土壤，可減少肥料用量，並可添加植物所需的微量元素，改善植物根系環境。



圖4-2-2-8

蛭石

蛭石為矽酸岩礦物經770℃高溫燒製而成，內部具有層狀結構，結構間可保存水分及養分，使具有良好的保水及保肥性。蛭石含有微量鈣、鎂及鉀成分，pH值為7-9間，陽離子交換容量高。蛭石顆粒大小不同用途也不同，顆粒較小介質多用於植物扦插介質，顆粒較大者可用於盆栽栽培。但蛭石結構疏鬆，易受外力破壞而降低介質通氣性。



圖4-2-2-9

真珠石

真珠石為矽酸鋁火成岩先經粉碎後，再經900℃高溫燒製而成。真珠石經高溫膨脹後，內部分子結構使之能提供通氣及排水性。充氣孔隙度高達74.5%，保水力僅21.3%-46.3%。真珠石本身並不會吸收水分，但水分可附著於孔隙中，攜帶本身重量3至4倍的水分。真珠石pH值為6.5-7.5，近中性，陽離子交換容量低，僅0.15 cmolc/kg-1，保肥力差。因質地輕，常被用於取代砂以增加介質通氣性。灌溉時，真珠石容易浮至介質表面，導致易流失於容器外。



圖4-2-2-10

植生陶石

為臺灣本地新興介質，是利用臺灣水庫沉積淤泥為主要材料，經由特定配方調製如稻殼，經過高溫鍛燒而成，顆粒內部呈現多孔隙構造能提高介質吸水性，外殼則提供顆粒強度及通氣排水性。質地堅硬且不易粉碎，特性穩定可重複使用。

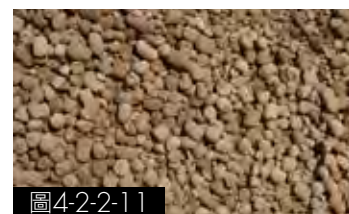


圖4-2-2-11

砂

為矽酸鋁火成岩先經粉碎後，再經高溫燒製而成。排水、通氣性佳，不會引起化學或生物變化，不具緩衝力，含有極微量養分。價錢低廉，但重量大，通常用量佔介質體積的25%以內。



圖4-2-2-12

紅磚粒 (Bricks)

原料為質地堅硬的紅瓷磚，有利透氣排水。



圖4-2-2-16

保綠人造土 (人造纖維粒)

保綠人造土是利用一種多元酯纖維Polyester的人造纖維絲加工粒化而成，使用效果不錯，且可同時將廢棄物做再利用，一舉兩得。具適當通氣性，保水性佳；於製造時混入有利植物生長的肥料，並加入根瘤菌及藍藻等有益微生物，質地輕柔，只有等體積土壤的1/16重量，加水後也只有1/5。不會變形，不硬化腐化，可長期使用。經殺菌處理，不帶有害病原菌。



圖4-2-2-13

發泡煉石 (矽石)

發泡煉石是黏土經過造粒後以700℃以上高溫燒製而成，空隙多、質地不很重，排水及通氣性都很好。其陽離子交換能力較高，粒子穩定性強，不易變質，但pH值因黏土母岩不同差異頗大，有呈酸性者，也有呈鹼性者，使用時需注意。



圖4-2-2-14

岩棉 (rockwool)

岩棉是由焦煤、玄武岩、石灰石與燃燒火爐中的一些殘渣混合後在1600℃高溫下融化後製成的纖維狀介質。其吸水性很強，故適於養液栽培。岩棉的通氣、排水和保水性均佳，但其陽離子交換能力很低，因此保肥性不好。雖然岩棉適於無土栽培，但因其不易分解，容易造成公害，故使用上須多考慮。

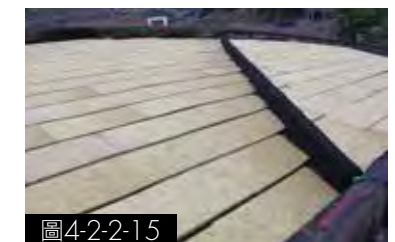


圖4-2-2-15

2.盆鉢型綠屋頂

盆鉢型綠屋頂介質特性

1.介質之通氣性及保水性：

粒徑大小影響充氣孔隙度和有效含水量。即粒徑愈粗，通氣愈好而保水愈差，反之，粒徑愈細，則保水愈好而通氣愈差。理想的條件為充氣孔隙度>10%，有效含水量約45-65%，穩定性高，可濕性強。

2.介質EC值及養分含量之重要性：

為避免水源汙染應降低施肥量，故應選擇保肥性較佳之介質。此外部份堆肥EC值及養分含量偏高，應混合使用使其降低對植物的毒害或徒長現象。理想介質的化學性質，緩衝力高，pH建議弱酸至中性，EC<3.5 ms/cm，CEC>15 meq/100g。

3.介質的生物活性：

加入堆肥調製的介質，富含可溶性碳源，適合各有益微生物增殖，利於植栽生長，且不宜再添加工學肥料。

盆鉢型綠屋頂介質之理化特性理想標準

指標項目	盆鉢型綠屋頂
土壤粒徑>1mm	≥30%vol.
有機質含量	≤90 g/L
水滲透率	>3.6 cm/hr
保水力	45-65%vol.
飽水下的空氣含量 (充氣孔隙度)	> 10%vol.
pH值	5.5-7.5
EC值	<3.5 ms/cm
CEC陽離子交換能力	>15meq/100g
比重	1.1~1.3 g/cm ³

(資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」)

表4-2-2-4



圖4-2-2-17

↑ 盆鉢型綠屋頂植栽覆土情形。



介質厚度對植物生長之影響

介質厚度取決於盆栽大小及植栽種類。除考量市面上目前販售盆栽設計高度外，保水性佳之介質，其載重相對較高，故建議此類型介質厚度約為10-30cm。不同作物影響其介質厚度，葉菜類土壤須有20-30cm土深；瓜果類30-40cm土深；草花及小灌木10-30cm。須注意土層厚度不足，容易造成植栽倒伏。

盆鉢型屋頂常見介質種類

大多數種植葉菜類和果菜類，故以有機無土介質種類使用較多，下表為常見之介質種類，詳細介紹請參閱薄層綠屋頂介質介紹。

無土介質分類與種類

表4-2-2-5

無土介質	種類
有機無土介質	炭土、椰子纖維、蛇木、稻殼、鋸木屑或太空包木屑、樹皮、蔗渣、禽畜糞等與其他農業回收之腐植質。
無機無土介質	真珠石、陶石、磚粒、岩棉、發泡煉石、砂、保綠人造土、圭藻土等。

註：腐葉土—於自然界中的植物枝葉在多年的堆積中和土壤共同腐爛而成，富含有機質、腐殖酸和少量生長素、微量元素等，能促進植物的生長發育。質地疏鬆，通氣排水性好，且保水保肥能力強，pH呈酸性或微鹼性，適合栽種喜酸性作物。結構多孔隙，易被植物吸收，提高肥力，具改良土壤之能力。分解發酵中的高溫能殺死其中的病菌、蟲卵和雜草種子等，減少病蟲、雜草危害。

盆鉢型屋頂介質之選擇與調配

盆鉢型綠屋頂介質的選配須根據種植植物而改變，但此類型建議提高有機質含量、增加保肥及保水性為佳。多以有機質含量高的介質為主，混配通氣性介質及少量堆肥為主，須注意部分添加介質其電導度（EC）過高，易使植物產生鹽害現象。混配常用介質類型與配製比例如下表：

常用盆栽介質類型與配製比例參考

主要配比材料	配製比例
腐葉土，蛭石（或陶石），砂土	7:2:1
砂質壤土，泥炭苔，（蛭石和肥）	4:3:1
砂質壤土，腐殖土，陶石，蛭石	2.5:5:2:0.5
砂質壤土，腐殖土，蛭石	5:3:2
碳化稻殼，樹皮堆肥，泥炭土，保綠人造土	1:1:1:1
椰纖土，山土，自然基肥	8:1:1

(資料來源：建研所出版之「屋頂綠化手冊-建構及維護管理」)

表4-2-2-6

3.庭園型綠屋頂

庭園型綠屋頂介質特性

庭園型綠屋頂最常見的問題，是植栽所需之土壤重量超限而產生的龜裂、屋漏等問題。因此，全面應用砂質壤土作為植物生長介質層，可能有排水不良，積水超重的風險，必須考慮建物承載要求，對土壤進行改良，以確保排水性及減少表面逕流。大部分設計師採用質輕的無土介質等材料取代克服此問題，但屋頂土壤介質的劣變速度遠較自然地盤快；或因選取輕量的人工無土介質，兩者均易造成養分缺乏，此時可添加薄肥，增加植物生育所需的養分。理想的條件為土壤粒徑、型狀分佈均勻分配，大顆粒無機介質應35%以上，充氣孔隙度>10%，有效含水量約45-65%。化學性質方面，pH建議6-8.5，EC<3.5 ms/cm，CEC>10 meq/100g。

庭園型綠屋頂介質之理化特性理想標準

指標項目	薄層型	指標項目	薄層型
土壤粒徑>1mm	≥35%vol.	pH值	6-8.5
有機質含量	≤90 g/L	EC值	<3.5 ms/cm
水滲透率	> 1.8 cm/hr	CEC陽離子交換能力	>10meq/100g
保水力	45-65%vol.	比重	<1.0 g/cm ³
飽水下的空氣含量 (充氣孔隙度)	> 10%vol.		

表4-2-2-7

介質種類之選擇與調配

庭園型綠屋頂介質選配受到植物種類、介質厚度、承載量等影響，以提高有機質含量，且保持排水性良好之介質為佳。但需注意有機質含量避免過高，如泥炭土使用一段時間會分解，體積會大幅減少，其他顆粒小之介質也容易阻塞排水孔，需常常補換介質。目前國內已研發利用水庫淤泥加工成陶石之環保介質、以回收布料絞碎製成的保綠人造土，或堆肥而成的腐質土等，具有好的含水率和通氣性，皆是國內生產的適用介質。另外，種植地被植物的表層可鋪設約3cm的樹皮屑等材料作為覆蓋層，防止過於乾旱、保濕、保溫、抑制雜草生長和地表土壤飛散。



介質厚度對植物生長之影響

介質厚度影響植物生長甚鉅，通常愈高大或愈深根植栽所需的栽植土層愈厚。以一般的壤土而言，草坪或地被，維持其生長良好（開花結果）至少需30 cm，而維持其現況生存狀態只需10 cm或以上即可；而對深根性的喬木而言，維持其生存現況，即已需70 cm以上，若要生長良好，則至少要100 cm以上。土層厚度不夠時，根系生長受阻，土壤保水或肥份有限，植株易乾燥或缺肥而致生育不良。但若能加強灌溉頻度和灌水量或從幼苗（小樹）開始馴化，土層厚度就可以減低。

三、過濾材

過濾層位於介質層下及（蓄）排水層之間，其主要功能為濾除介質流下的泥水，水通過而泥沙不能通過，所以，有防止排水通道被泥沙淤積的功能，主要目的是將小顆粒、腐植質和有機物留在過濾層上方，使其可作為植栽的養分。經常採用的材質有不織布及晶曜石：



圖4-2-3-1

↑ 盆鉢型綠屋頂植栽覆土情形。

1.植生不織布

一般採用既能透水又能過濾的聚丙烯纖維為長纖針軋不織布材料，是最常用的過濾層材質，強韌耐壓不損破，且具防止泥沙流失、滲水性良好、不阻塞、耐磨性強等功能。



↑ 植生不織布



圖4-2-3-2

不織布搭接縫的有效寬度應達到10-20cm，並向建築側牆面延伸至介質表層下方5cm處。應慎選滲水性良好之植生不織布，以避免阻塞，造成積水問題。



圖4-2-3-3

↑ 落水頭以不織布包覆，防止土壤或易物流入落水頭造成堵塞。



圖4-2-3-4

↑ 植生不織布作為排水層與植栽介質之間的濾材。

不織布的阻塞原因大致可分為以下三點：

- 1.土壤細小顆粒和膠體物質吸附於膜表面或膜孔。
- 2.膜表面有生物膜黏著（微生物分解的多醣體、蛋白質等）。生物膜在積水及無氧下更易產生。而不織布膜平均孔徑30um；生物膜孔徑0.5um。
- 3.溶解性物質（無機鹽類）沉澱於膜表面。

2.晶曜石

另一種過濾層是以鋪設10cm的晶曜石來作過濾，晶曜石號稱「土壤中的氧氣包」，為黑曜岩經特殊高溫燒製而成，成份為二氧化矽，內部有無數貫穿型的孔隙，而水分無法進入孔隙，此特殊結構就變成保存氧氣的空間，因此具有保氣排水的功能，適合台灣多雨潮濕的環境，能在排水不良的土壤中提供必需的氧氣。

晶曜石比重0.1，搬運及現場作業時方便輕盈，作為通氣排水層施作時晶曜石顆粒之間會互相緊密接合，讓水和空氣以外的土壤顆粒不會通過，酸鹼值適中，可長久使用不會腐爛。

晶曜石與真珠石不同的地方在於其孔隙對水完整封閉，可保有50-60%的空隙；真珠石則為連續破裂的氣室，當水分進入破裂的氣室後，即失去孔隙率，讓植物根部找不到空氣，形同泡在水中。如果民眾不喜歡經常要更換介質，又想要在陽台種植物，建議使用晶曜石鋪在底層，除了可以和導根板形成完整空氣通道，也可防止植物盤根、向下竄入排水孔，破壞防水層。而將晶曜石作為填充材之後，就變成「酸素管」（日文「酸素」即「氧氣」，因此「酸素管」又可稱為「植生氧氣管」。作為植物根系的透氣材料），可以引導逕流水排進排水孔或天溝。將以上兩種資材混合使用之後，陽台植栽就可以不用再擔心積水和植物生長不良囉！

名詞註釋

雙層HDPE排水管：為避免土壤介質流入和樹根侵入、阻塞排水孔，於陽台花園的落水頭套上兩層HDPE排水管，中間以晶曜石填縫，兼具空氣斷根與排水、通氣功能，水質乾淨、排水通暢，可確保異物進不了落水頭。



圖4-2-3-5
↑黑曜岩。



圖4-2-3-6

↑經高溫發泡製成的晶曜石。

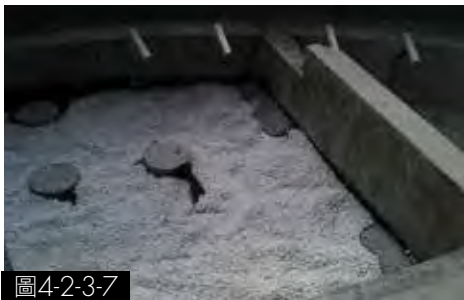


圖4-2-3-7

↑晶曜石鋪於排水層上作為濾材，可將介質與植物根系阻隔，將多餘水分往下排出。



圖4-2-3-8

↑以晶曜石作為濾材，填充於雙層HDPE排水管之間，防止介質與植栽根系竄入，破壞、阻塞排水管。

晶曜石與真珠石之比較

晶曜石	真珠石
粒徑0-70mm	粒徑0-5mm
疏水材	吸水材
獨立封閉氣室	連續破碎氣室
排水性大、通氣性大	保水性大、通氣性小
混和、單獨使用	混合使用

表4-2-3-1

3.酸素管

號稱「土壤中的氧氣管」，酸素管以晶曜石為填充材，可淨化排出的水，並且不流失土壤介質。可將酸素管鋪設於排水板之上，連接作為排水通道，引導土表逕流水快速排向排水溝。

除此之外，酸素管亦可用於：

- 1.垂直擺設於樹穴中增加通氣，促進樹穴內積水之蒸發。也是土壤中根系喜歡的氧氣供應筒。



圖4-2-3-9

↑將酸素管垂直擺入樹穴中，可提供植栽根系氧氣，改善植物缺氧情形。

- 2.水平擺設作為排水管，不易阻塞，排水速率快，將逕流水快速導入天溝中，使屋頂不積水。

→酸素管排列形成排水管，引導排水。



圖4-2-3-10

- 3.屋頂花園排水收邊。

→酸素管沿植穴底部四周排列，引導排水。



圖4-2-3-11

- 4.包覆落水頭防止排水孔阻塞，避免樹葉、土壤介質流入落水頭。

→落水頭防護。



圖4-2-3-12

四、（蓄）排水層

1.薄層綠屋頂

（蓄）排水層主要目的是盡快排走過濾層流下的水分，以防止水分長期滯留在屋頂樓板，且排水層有助於底層透氣。排水板以排水為主，兼具結構功能。（蓄）排水板模組具排水及蓄水之功能，並能減輕結構體之荷重。為避免屋面積水，屋頂綠化應設計合理的排水系統。

- 1.根據屋頂排水溝情況設計，材料可選用單凸型、雙面凹凸型、模組式、組合式等多種型式的（蓄）排水板高從2cm~5cm不等；或採用直徑大於0.4-1.6cm的陶石，鋪設厚度宜於5cm以上。
- 2.為順利排水，屋頂之洩水坡度最少要有2度。
- 3.最少須有2處排水孔。使用高腳落水頭、檢查罩，並預留檢查之通路寬度。
- 4.屋頂上排水孔之管徑需大於75mm。
- 5.女兒牆或收邊材與綠帶間、突出物周圍須留20cm以上排水通道，可以粗顆粒之材料，如陶石或酸素管（發泡晶曜石填充之網管）作為過濾材質（見右下圖）。



圖4-2-4-1

↑陶石作為蓄排水板的填充材，可達到耐壓排水功能。



圖4-2-4-2

↑酸素管作為排水口的過濾材。

- 6.排水層施工必須與排水系統連通，保證排水暢通，排水板間應緊密搭接。
- 7.暴雨後1小時內排水完畢為設計原則，故於排水口應有過濾結構，一般以酸素管圍繞落水頭。
- 8.若有裸露空間須有保護措施。



圖4-2-4-3

↑排水板緊密接合鋪設。

2.盆鉢型綠屋頂

- 1.盆栽內底層設置孔洞，讓多餘水分流出，而孔徑大小及數量影響介質含水量，可依其選擇介質種類，避免介質流失。
- 2.為提高盆栽內部蓄水能力，故孔洞應距離底層約2-3 cm，保留一定高度之蓄水層，維持植栽良好生長。



圖4-2-4-4

↑保綠植生盆排水情形。

3.庭園型綠屋頂

庭園型綠屋頂因覆土較深，承載壓力大，一般採用耐壓型排水板，用於改善介質通氣性，以及將過濾層流下的水順利排除，緩解瞬間降雨壓力。常見的排水層材料為塑膠或聚苯乙烯排水模組、晶曜石（需考量荷載量）等。

- 1.排水層厚度介於3-30 cm。
- 2.庭園型綠屋頂通常與原本建築表面分隔開來，因此排水口的設計要合理分佈，滿足各分區的排水需要，注意排水的一致性。
- 3.種植穴、花臺等必須根據實際情況設置排水孔，應根據排水口設置排水觀察井。

4.排水系統設計原則

庭園型綠屋頂因覆土較深，承載壓力大，一般採用耐壓型排水板，用於改善介質通氣性，以及將過濾層流下的水順利排除，緩解瞬間降雨壓力。常見的排水層材料為塑膠或聚苯乙烯排水模組、晶曜石（需考量荷載量）等。

- 1.為順利排水，屋頂之洩水坡度最少要有2度。
- 2.排水層施工必須與排水系統連通保證排水暢通，排水板間應緊密搭接。
- 3.女兒牆或收邊材與綠帶間、突出物周圍需留20公分以上寬度之排水溝。
- 4.最少需有2處排水孔。使用高腳落水頭、檢查罩，並預留檢查之通路寬度。
- 5.屋頂上之排水孔管徑需大於75mm。

5.蓄/排水板簡介

保綠排水板

以再生PP塑料製成，耐酸鹼亦耐高溫，材質輕又環保。其雙層蜂窩設計可承受高抗壓強度，並通過美國ASTM80噸/平方公尺耐壓測試，可快速排水，厚度薄，讓植物根部有更多空間可以生長。

其尺寸規格分為2公分與3公分厚，50公分乘以50公分，並設計有卡榫，便於安裝，可緊密接合每片排水板。

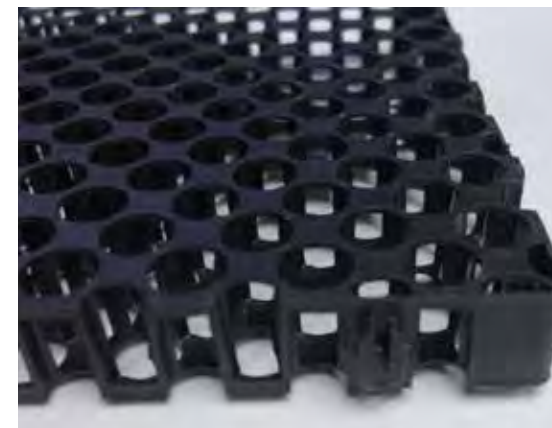


圖4-2-4-5

↑保綠植生盆排水情形。

蓄排水板

同時兼具排水與蓄水功能的蓄排水板，施作於屋頂綠化時有助於均勻的排水，並可保留少許水分，冬季需水量滴時可減少澆灌次數，降低維護費用。蓄排水板較排水板厚，約5公分厚，材質輕盈，施工維修方便。



圖4-2-4-6

↑蓄排水板。

五、阻根層

阻根層位於防水層之上，部份工法則與防水層結合，目的為防止植物根系直接與防水層接觸，造成結構被根酸腐蝕或竄伸而破壞防水效果，降低漏水的疑慮。一般阻根材料可分為物理性和化學性方法，前者包括混凝土、抗穿刺塑膠板、雙凹凸阻根板；後者為利用化學物質來防止植物根系之不織布，稱之為防根布。

有種植喬灌木的屋頂綠化則需要更高規格的阻根材質才能防止樹根滲透，往往需要硬塑膠或甚至金屬板（通常為銅材質）才能有效阻根，而應避免鋪設塑膠布，會造成底層積水情形。此外，女兒牆、建築體突出物留20cm以上陶石溝渠，增加通氣防止竄根。

防根材料類型	防根方法	工法與說明
混凝土（水泥砂漿系）	物理性	一般混凝土，厚度最好能有80mm以上，並置入點焊鋼絲網（ $\varnothing 2.6$ 以上，100x100）以防止龜裂。
抗穿刺塑膠板	物理性	常見為PE保護板或PE、PS排水板，需考慮密接程度或至少有搭接寬度30公分以上。
防根布	化學性	利用化學質（抑制根系身長之藥劑）來防止植物根系之不織布，鋪設於排水層上方，其效果可持續20-30年。
雙凹凸阻根板 輕礫石	物理性	利用空氣斷根原理，輕礫石溝需20公分以上，雙凹凸阻根板厚度宜在3公分以上。
晶曜石	物理性	利用空氣斷根原理，施作時於植栽介質層下方鋪設6-10公分厚，可避免盤根或根竄入排水孔。

表4-2-5-1

瀝青防水毯

由高品質APP改良式強化瀝青為基材，加上Plastomer聚合物製成，夾層為強力聚脂纖維補強材所組成的高效能防水毯，此熱熔式防水斷根毯，因添加化學添加物，而能達到斷根的效果，防止植物根部穿透。阻根層需有抗拉、抗撕裂、抗穿孔、耐水壓等特性。使用時必須將邊緣交接處重疊至少10公分，前後捲交接處則須預留15公分的重疊。黏合則需用火焰槍小心燒黏，完成後再檢查重疊接縫及收邊處是否完全黏著及封閉。



圖4-2-5-1

↑ 防水斷根毯施作情形。

植生導根板

植生導根板又叫阻根板，其雙層凹凸面的設計，可使與建築物的接觸面保持空氣流通，連同樹穴底部鋪設的晶曜石，共同形成一空氣層，具有斷根作用，防止樹木根系到處竄根，破壞防水層。一般採用的不銹鋼槽，表面光滑，最易造成盤根，讓根系肥大，最終突破不織布，長進排水管裡。



圖4-2-5-2

↑ 導根板剖面圖。

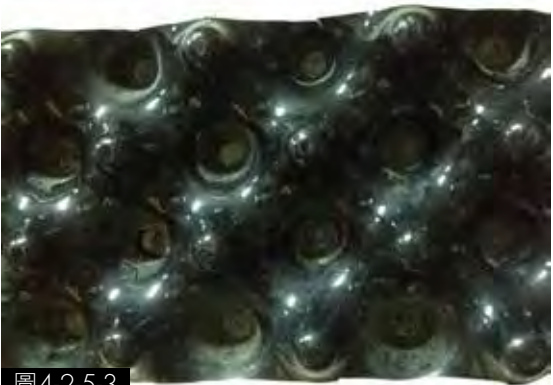


圖4-2-5-3

↑ 植生導根板。



4-2-5-4

↑ 導根板施作情形。

六、防水層

防水層乃用於防止雨水和灌溉水滲漏的隔離層，可分成剛性防水、柔性防水、塗膜防水和阻根防水層等材料方法：

1. **剛性防水**：在鋼筋結構層上，用普通矽酸鹽水泥砂漿摻5%防水粉抹面的一種防滲漏方法。
2. **柔性防水**：用油氈、PEC高分子防水卷材或橡膠、塑膠黏貼而成的一種防滲漏方法。
3. **塗膜防水**：用聚胺脂等油性化工塗料，塗刷成一定厚度的防水膜而成的一種防滲漏方法。
4. **阻根防水層**：使用阻根防水材料構成的防水層。

施作綠屋頂時，應以二道或二道以上防水層設置來施作，最上層防水層建議採用阻根防水材料，而防水層的材料應相容。施工時並注意屋頂與女兒牆之間交界處要以水泥塗抹成圓弧狀，落水頭水管接縫處亦須塗抹完善，薄膜與薄膜之間重疊應超過15公分。



圖4-2-6-1

↑以水泥砂漿鋪於塗佈防水層上的剛性防水工法。



圖4-2-6-2

↑屋頂樓板與女兒牆交界處以水泥塗抹成圓弧狀。

不同防水層應採用合適的施工工法，粘結牢固，搭接寬度不小於30公分，花台及屋面設施之立面防水層應高出栽培介質15公分。施工溫度應在5-35℃之間，嚴禁在雨天、雪天、大風（5級以上）施工。若屋頂增設水池、花架、花台、景石、鋪設水電管線等均不得打開和破壞原屋面防水層。

舊建物要施作綠屋頂，應先進行48小時閉水檢測，已確定防水層完好，否則要重新找專業廠商施作。



圖4-2-6-3



圖4-2-6-4

↑防水層塗佈前置作業—素地龜裂修補。

←防水層塗佈前置作業—素地高壓水槍清洗。

常見防水工法

1.瀝青系統防水工法：

其尺寸規格分為2公分與3公分厚，50公分乘以50公分，並設計有卡榫，便於安裝，可緊密接合每片排水板。

熱工法

係以熱溶瀝青當貼著劑，將油毛氈或抗拉油毛氈等作多層貼著之一種工法。此工法早期稱為5皮或7皮黑紙。但是隨著時代的進步，現在也已多採用以不織布為蕊材之抗拉油毛氈。

由於其具多層多重防水的功效，此工法在配合防根層下，是被日本JASS所認同之屋頂花園適用工法之一。但目前我國常因施工時須使用熱溶爐與發生臭味等，而有被嚴重詬病之問題。

自黏性橡膠瀝青防水氈（膜）

台灣目前市面所採用的自黏性橡膠瀝青防水氈（膜），表面鋪有一層PE膜，再以橡膠瀝青當粘著層，粘著於PE膜之背面。由於施工上不需加熱且施工方便，近年來使用量頗多。但在台灣因常以單層施作，且施工不良等因素，失敗率亦相當高。依據日本JASS之規範，若使用2層以上，且搭接部位以熱溶補強，並加鋪防根層時，是可被運用於屋頂庭園。

烘烤工法

以改質的瀝青為主原料，並於防水氈之中間夾入不織布等之補強層。一般之厚度在2.5mm~5.0mm。施工時是以瓦斯噴火器，將整卷之防水氈之表面烤熔後，以熔化後之改質瀝青為粘著劑材，再滾壓防水氈粘著於地面之施工法。此種工法在國外及國內，使用量已漸漸增加，雖然成功率相當高，但施工上應注意事項仍多，否則亦會失敗。

一般現場之施工有單層或2層以上之施工。但在庭園水池等部位，依日本JASS之標準仍以2層以上之施工規範為標準。

MAS防水工法

前述瀝青系列之防水工法中，雖以油毛氈工法，使用片狀成型膜，再配合塗膜防水材料使用為最佳之組合，信賴度也最高，然因其環保問題，卻倍受詬病。因此而有將熱工法改為MAS冷工法。由於其鋁箔面，可直接取代抗根酸層，故可用於屋頂庭園之使用。

2.PU塗膜防水工法：

在台灣防水使用最多的防水工法。又分為焦油PU及非焦油PU（或稱彩色PU）二種。在台灣大部分都採用彩色PU為主。然而，根據日本標準規範，並不適合用於屋頂防水層上面再加鋪覆蓋層之工法，因此，更不適合於屋頂庭園使用。

3.薄片防水工法：

常見有塑膠薄片和橡膠薄片。塑膠薄片以PVC、EVA、TPO（FPO）等塑膠原料，於工廠加工成片狀，或將之包裝成卷材，於工地只需以等熔接或藥劑接合即可。

橡膠薄片以EPDM、丁基橡膠、海霸龍等硫化或非硫化橡膠等塑膠原料，於工廠加工成片狀，或將之包裝成卷材，於工地只需以接著劑等接合即可。

4.FRP塗膜防水工法：

為最近幾年才引進之防水工法，由於採用不飽和聚酯為主材料，再加上以玻璃纖維為補強材。因此，不但具有良好的防水性且其耐根酸及耐衝擊性均佳，是為日本建築學會（JASS）所推薦使用於屋頂花園等使用之防水材之一。但因其價格較昂貴，且施工條件較嚴，在台灣並不普遍。

5.水和凝固性（又稱彈性水泥防水材）塗模工法：

是一種以高分子樹脂乳膠及水泥、細砂、添加劑等拌合而成之防水材料。本身因具有水泥之性質，在另添加樹脂後又具有彈性而被俗稱為彈性水泥。此防水材不適用於屋頂庭園防水工法。

6.聚脲複合式防水工法：

近年來，隨著台灣高鐵之高架軌道防水之全面採用噴塗工法後，噴塗工法已有漸被採用。由於超速硬化聚胺酯之延展性較佳，故有被運用於防水之領域。而聚脲者，因其抗化學性較佳且具剛性，多被運用於工業用途。但坊間常將此類噴塗材料，逕指為聚脲之噴塗防水工法，似有所誤。

依據日本之某些廠商之規範，有於超速硬化聚胺酯噴塗後，再噴塗純聚脲之材料，以作為防根層使用，而建議用於綠化工程。但我國目前仍以半聚脲（hybrid Polyurea）或超速硬化聚胺酯為主，市面上，尚難見有純聚脲材料（依據美國聚脲發展協會之認定，稱為純聚脲產品者，其胺之成分，即amine 或 polyetheramine需在80%以上）用於防水工程之用途。

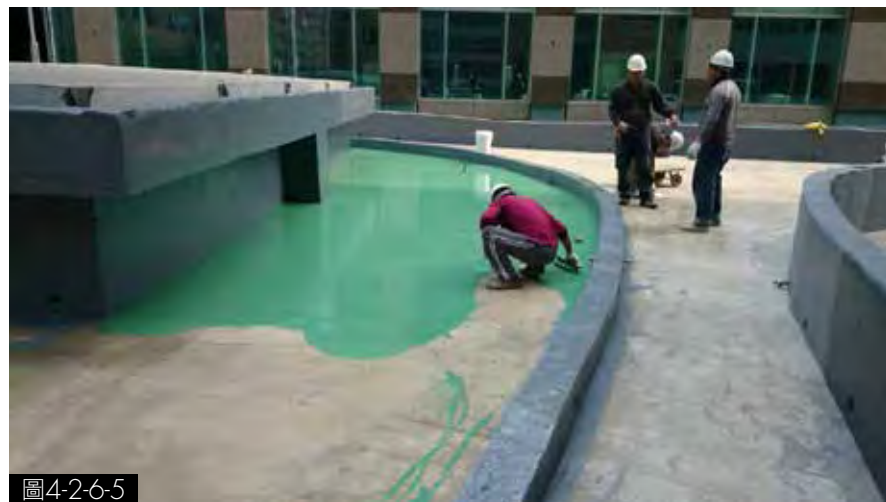


圖4-2-6-5

←聚脲施工情形。

以下介紹聚脲複合式防水工程

為MDI系統100%成分的兩液型聚脲噴塗材料，需以材料原廠認可的噴塗設備。分成4個材料來施作：

1.底漆

為屋頂混凝土面與聚脲防水層黏著為目的。一常見為水性環氧樹脂底漆，防水處理之材料，除設計圖另有規定外，其底漆物性如乾燥時間、耐衝擊性、耐屈曲性、耐機油性、鹽霧試驗、耐濕性、加熱殘份等須符合CNS 8012的品質規定。

2.單液PU彈性材料：

為一般施作面做為素地填補角隅或低窪處之材料，除設計圖另有規定外，其材料物性如抗拉強度、撕裂強度、伸長率、100%彈性模數、老化試驗等須符合CNS 6986的品質規定。

3.PU填縫材料：

為一般施作面做為全面底漆施塗後填補平整之材料，除設計圖另有規定外，其材料物性如比重、硬度、抗拉強度、撕裂強度、伸長率、下垂度、老化試驗等須符合CNS 6988的品質規定。

4.聚脲：

為MDI系統100%成分之兩液型純聚脲噴塗材料，須確實注意控制材料配置與噴塗機具之設定，除設計圖另有規定外，其材料物性須符合CNS 6987、CNS 4447的品質規定。

5.防水施作：

施作前先確認混凝土結構強度達3000psi以上，素地需進行粗面整體粉光，平坦且不光滑，並經充分乾燥，角隅及低窪處應先以單液PU複合彈性材料修補施作，以利後續防水層施作。



圖4-2-6-6

↑施作前整理素地、保持乾燥。



圖4-2-6-7

↑聚脲施工情形。

施作時先全面均勻塗佈水性環氧樹脂底漆，待完全乾燥後再以單液PU彈性材批補施工面，將瑕疵部位及裂紋填平。最後在全面噴塗聚脲，噴塗過程中如有材料混合比例不平均造成硬化不完全的狀況，應立即停止施工，迅速處理汙染物。

註：相關準則-中華民國國家標準（CNS）

①CNS 4447 塑膠耐化學藥品性檢驗法

②CNS 6986 建築防水用聚胺酯

③CNS 6987 室內地板鋪設用聚胺酯

④CNS 6988 建築填縫及室內地板鋪設用聚胺酯檢驗法

⑤CNS 8012 環氧樹脂漆檢驗法

七、灌溉作業

澆灌系統是在雨季來臨之前未雨綢繆的措施，必須要考慮到灌溉設施範圍以及灌溉的時間，不管是使用定時器或者是人工進行灌溉，都必須要注意到量不能太多。

具效率的澆灌設施結合雨水貯集系統，可降低屋頂綠化對自來水之消耗。目前常與雨水貯集系統結合之澆灌給水設施有：漫灌、噴灌、滴灌及定時澆灌系統，另外尚有底部給水的灌溉方式。以下分項說明。

1. 滴灌系統

滴灌是將水一滴一滴地、均勻而又緩慢地滴入植物根系附近土壤中的灌溉型式，滴水流量小，水滴緩慢入土，可以最大限度地減少蒸發損失，對於風大日照強烈之屋頂綠化，可減少其蒸發散量。

滴灌是緊靠滴頭下面的土壤水分處於飽和狀態，其它部位的土壤水分均處於非飽和狀態，土壤水分藉毛細管張力作用入滲和擴散，因此會建議在植栽層下方先預埋滴灌管，讓水分往下滲透。



圖4-2-7-1

←不同類型之滴灌噴頭。

滴灌需控制調節壓力和從水中去除顆粒物，以防堵塞滴灌孔，屋頂綠化結合雨水貯集時，因雨水水質優良，可減少滴灌孔堵塞。水的輸送一般用塑料管，覆蓋於土壤之下，防止生長藻類，也防止管道由於紫外線的照射而老化。滴灌也可以用埋在地下的多孔陶瓷管完成，但費用較高。

優點是省水，符合植物上乾下濕的特性，根生長層可充分給水，底部水份較多使用晶曜石及排水板來解決，且底部為支持根，無吸收水份養份之能力。適用於薄層綠化、盆鉢型綠屋頂與庭園式綠屋頂。



圖4-2-7-2

↑預先配埋滴灌管。

2. 噴灌系統

噴灌是由管道將水送到位於屋頂綠化中的噴頭中噴出，有高壓和低壓的區別，也可以分為固定式和移動式。噴頭的壓力一般不能超過200Pa，過高會產生水霧，影響灌溉效益，噴頭有可以轉動的，轉動可以是360度迴轉也可以是轉動一定角度。也有噴槍式。如果將噴頭和水源用管子連接，使得噴頭可以移動，為移動式噴灌，將塑料管捲到一個捲筒上，可以隨著噴頭移動放出，也可以人工移動噴頭。

噴灌的缺點為澆灌效率低，由於蒸發散會損失許多水分，尤其在有風的天氣時，而且不容易均勻地灌溉整個灌溉面積，水存流在葉面上容易造成黴菌的繁殖，如果灌溉水中有化肥的話，在炎熱陽光強烈的天氣會造成葉面灼傷。

其優缺點為安裝經濟但用水量大，土壤表面無法通氣，根系易腐爛。適用於庭園式綠屋頂。噴灌水量需求依植栽種類及種植密度不同，設計時應注意其出水量及頻率。



圖4-2-7-3

↑→噴灌噴頭與操作情形。

3.定時澆灌系統

若使用人工澆灌，將增加人事成本，並且較難控制水量多寡，太多的水會造成植栽無法吸收，太少又會造成植物需水量的不足而枯萎，因此利用定時的澆灌系統是首選。

使用定時定量的澆灌系統會產生另外一個可能的問題，當雨季來臨時，定時澆灌系統依然會照著時間進行澆灌，這時則需要雨量偵測器進行偵測，當偵測器偵測到下雨時，就停止進行澆灌，當沒有偵測到雨水時，就進行澆灌，避免水資源之浪費。

4.漫灌系統

漫灌為利用硬塑料管或鋁管引水，在管上間隔距離開孔灌溉，可利用管道控制水流量。漫灌容易造成有的地方水多，有的地方水不足的現象，產生澆灌不均的現象。

由於漫灌非常浪費水資源，需要較多的勞動力，卻只需要少量的初期設置成本和技術，在許數屋頂綠化仍被廣泛使用。

5.底部給水

底部給水優點是省水，符合植物上乾下濕的特性，但樹穴深度為1公尺，介質之毛細現象無法及時供給蒸散作用所需水量，且水分無法充分到達根生長層。適用於薄層綠化、盆鉢型綠屋頂與庭園式綠屋頂。

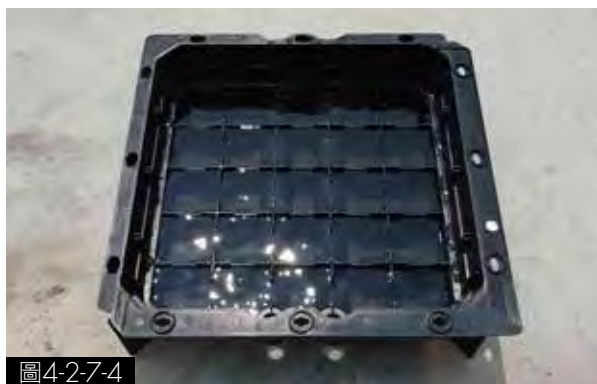


圖4-2-7-4
↑ 植生盆所組成的盆鉢式綠屋頂底部可儲存7公升的水，上方再以水平隔板以及植生不織布將介質隔開，達到水土分離的效果。



圖4-2-7-5
↑ 蓄排水板可兼具排水與底部儲水的功能，可用於屋頂薄層綠化。

八、維護保養

薄層綠屋頂因覆土較淺，需設置灌溉系統，並經常修剪草皮地被，一般應每三個月修剪一次。維護保養費用一般為水費、電費。修剪整理費用，每年約為每平方米300元左右。

各式屋頂綠化形式適合的澆灌方式與原則

1.薄層綠屋頂

灌溉是屋頂綠化中必要條件，適當的水分環境有助於植物種類選擇多樣化、抵抗乾旱逆境和極端的土壤溫度。屋頂綠化的灌溉除了利用自然雨水外，應與人工澆灌相結合，一般採用微噴灌或滴灌之自動灌溉方式，較為省時省工，便於管理。

植栽澆水應在清晨或傍晚進行，較能保持水分，應避免於日曬下澆水，以免植栽葉片有灼傷現象。薄層綠屋頂屬於低維護管理，炎熱季節時適當的增加灌溉次數即可。

- 1.依氣候及地理條件調整灌溉方式，建議依照不同季節改變其灌溉頻度，乾旱季節下需增加澆灌頻度，灌溉不足易引起缺水逆境，而降雨量充足應降低澆灌次數，若仍持續給予灌溉，造成水資源的浪費，甚至影響植物的生長。以北部為例，春秋兩季至少1次/週，夏季至少2次/週，冬季則可不需灌溉；地理位置及氣候亦影響灌溉頻度。
- 2.不同的植物種類其灌溉頻度有異，因此屋頂綠化建設時應先瞭解使用植物種類的特性，區分不同水分需求的植物種類，給予不同之灌溉頻度。如麒麟花等多肉或耐旱型植物可減少灌溉次數；而草花或需水量高的植物則須較高灌溉頻度，如此亦可減少水資源的浪費。

2.盆鉢型綠屋頂

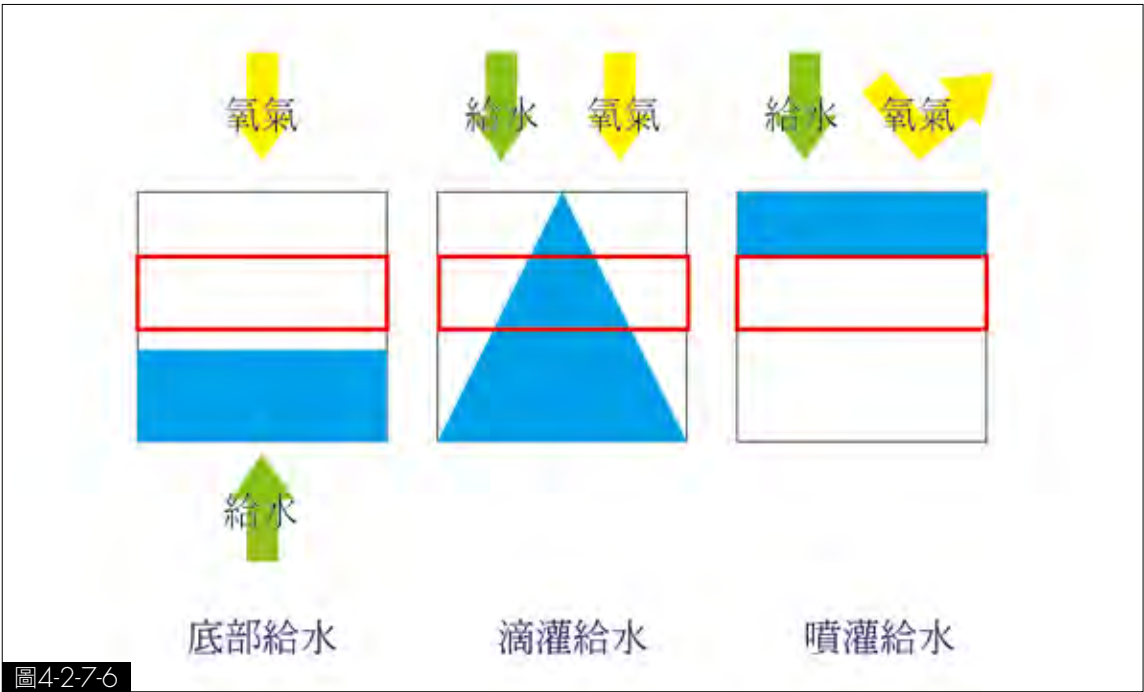
灌溉是盆栽型綠屋頂重要維管項目，盆栽內土壤保水性差、易乾燥土，故水分需求高，建議設置自動灌溉系統降低維管頻度。

- 1.依氣候及地理條件、季節性調整灌溉方式，建議冬季一般在中午澆水，夏季可於清晨或傍晚澆水。
- 2.蔬菜果樹類等作物需水性高，尤以屋頂環境栽培下，應增加其灌溉頻度。不同作物灌溉頻度有異，建議依土壤含水量決定是否灌溉。
- 3.盆栽並非使用同一區塊的土壤，必須單一盆器分開灌溉。因此必須注意灌溉系統的完整性，是否有遺漏未噴灑的區域，或加強人工澆水改善此問題。
- 4.灌溉水不使用含重金屬或有害化學物質污染之河水或地下水，而使用雨水回收系統或乾淨之自來水。
- 5.底部給水式的植生盆用水最省，以台北地區的氣候來說，除了夏季四個月需要人工澆灌外，其他季節的下雨頻率可以自給自足，是最省水的綠屋頂工法。

3.庭園式綠屋頂

庭園型綠屋頂維護管理頻度高，常種植一些高維護的植物種類，介質容易乾燥，因此建議採用少量高頻度之定期性澆灌，建議夏天至少1次、冬天2-3次，必要時還需配合人工澆水，以維持良好的景觀效果。但實際情況須依介質厚度深淺而改變。

底部給水與滴／噴灌給水的比較圖

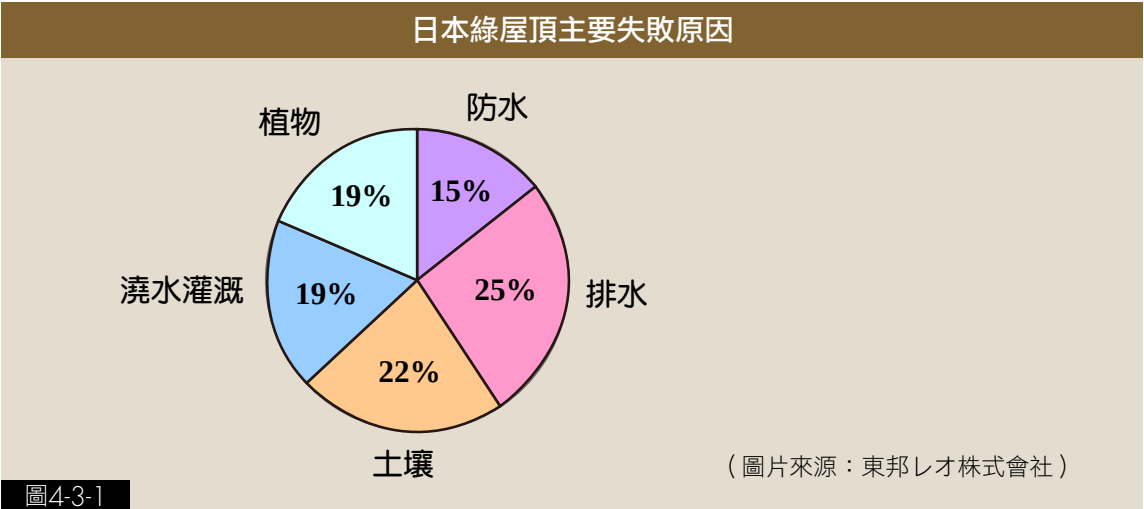


第三節 綠屋頂失敗的原因

綠屋頂在歐美日已是成熟的技術，近年來中國大陸亦積極推廣。德國推廣綠屋頂已近三十年，施做面積超過三億平方米，可說是綠屋頂大國，各國政府訂定綠屋頂規範也都以德國FLL規範為藍本。台灣的綠屋頂其實從二十多年前就有了，主要是配合頂樓加蓋鐵皮屋後，順便做個空中花園。但因無綠屋頂技術規範可循，對防水、阻根、過濾、介質、植栽都不研究，造成綠屋頂狀況百出，形成綠屋頂會漏水或積水的刻板印象。使民眾聞綠屋頂則色變，即使政府願意補助，也是欲迎還拒的。

這幾年，綠屋頂被公認是減低都市熱島效應最容易且有效的工具。所以各國政府都積極設置獎勵舊建物設置綠屋頂，新建物強制設置綠屋頂的法令。產學有志之士也成立台灣綠屋頂暨立體綠化協會，並引進歐美採用的FLL規範。從四年前起，每年辦理綠屋頂研討會及推廣規範。這幾年來，綠屋頂施作已較少有漏水問題。

分析綠屋頂失敗的原因，大都來自排水不良。日本如此，台灣亦如是。



- 台灣綠屋頂失敗的原因**
1. 雜草清除與給水未經常管理，特別是第一年。
 2. 以一般花土覆土，造成屋頂超重及積水。
 3. 以園藝育苗土用在屋頂上，介質顆粒過小又輕、容易流失，有機質含量過高，將來雜草除不完。
 4. 防水層已失效，卻未做閉水測試，等做了綠屋頂才發現漏水，責任歸屬不清。
 5. 防水層上沒做阻根，就鋪排水板，植物根系分泌根酸破壞防水層。
 6. 落水頭沒有採用高腳型，無保護圈或檢查罩。
 7. 沒有維養預算：水電費、滴灌管維養和除草修剪費用。



CHAPTER 5

指標案例
深入介紹



01/ 新北市

新莊國民運動中心



圖5-1-1 新莊國民運動中心斜屋頂



圖5-1-2

↑ 新莊國民運動中心綠化斜屋頂。

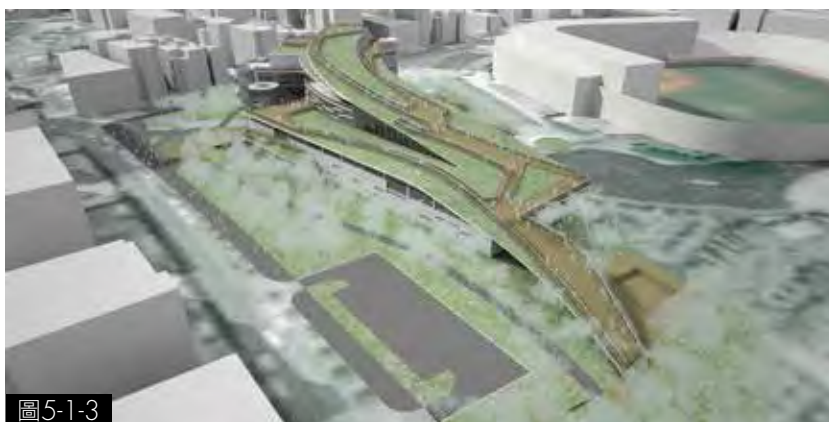


圖5-1-3

← 新莊國民運動中心模擬圖

新莊國民運動中心是台灣最大的薄層綠化斜屋頂，由達觀規劃設計公司規劃，樹花園負責細部設計與施工，於2012年8月完工，面積達2000坪，設有鐵木步道，民眾可以登高望遠，吹風踏青。2年下來歷經數個地震、颱風，沒有漏水、排水、滑坡或負重等問題，堪稱綠化斜屋頂的成功指標案例。

一般斜屋頂由於坡度，施作綠屋頂時有三點要素需考量：

- 1.保水：土壤水分是否均勻
- 2.排水：遇洪水暴雨時是否能及時排除
- 3.沖刷：土壤是否造成流失

為了克服新莊國民運動中心斜屋頂的坡度問題—最高達40度，設計採用魚骨式的導流樁工法，防止介質和綠色植栽滑坡，並且由於建築物本身是減少隔間牆的長跨距設計，其屋頂載重較低，因此介質也選用超輕量介質，以晶曜石、保綠人造土、陶石、有機質為主以及保水的無土介質所組成。

導流樁施工剖面圖

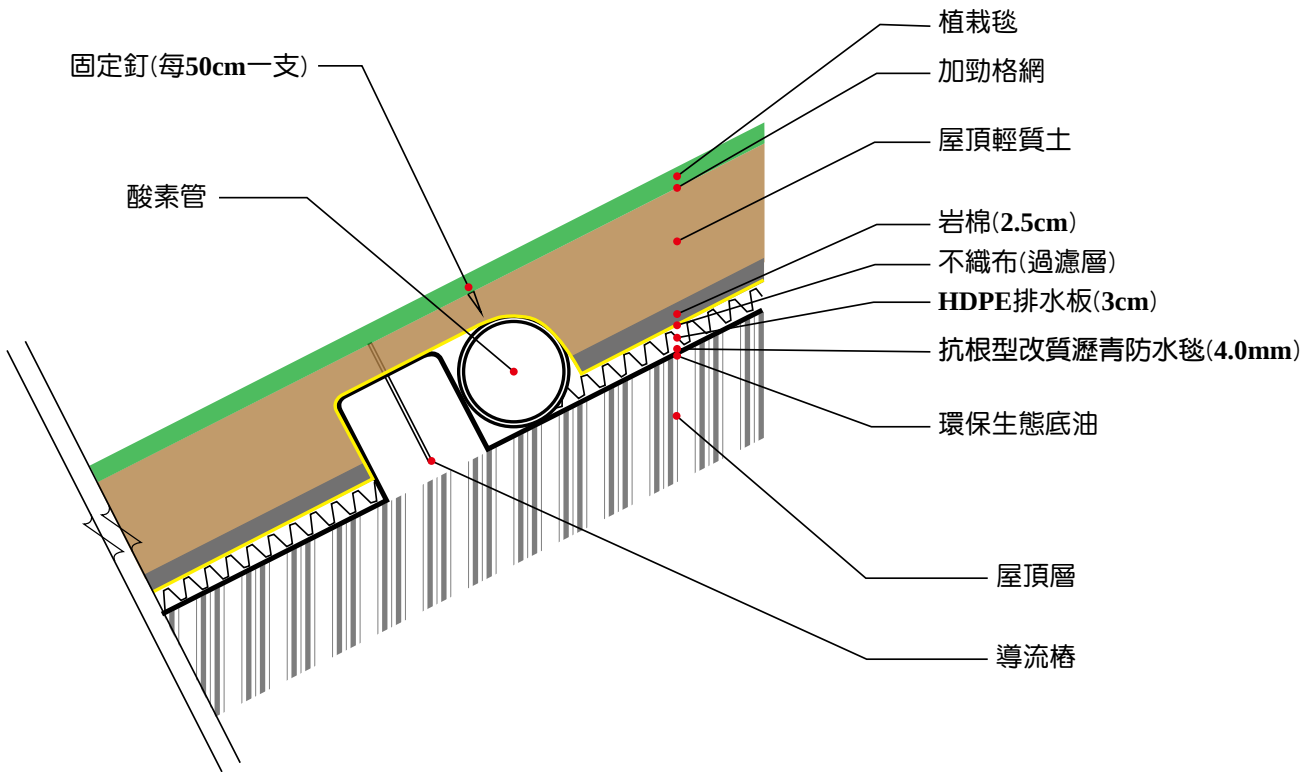


圖5-1-4

以下簡介其屋頂綠化施工流程

Step 1. 導流樁設計：

為防止植栽和土壤因暴雨而沖刷、滑坡，灌漿製造導流樁。



圖5-1-5

↑ 阻隔土壤和植栽因大雨滑坡的導流樁。

Step 2. 防水斷根層施作

於基地上鋪設防水斷根毯，以噴槍熱融黏合，並注意搭接處重疊10-20公分。斷根毯的材質添加了特殊化學物質，除了可防水，亦可主導根部生長方向，但不損及其根部，防止植物根部穿透、破壞建築物。



圖5-1-6

↑ 防水斷根毯施作情形。

Step 3. 沖孔鋁板設置

於導流樁上架設沖孔板，讓多餘水分從鋁板孔洞排出，亦可防止介質與植栽層滑坡。



圖5-1-7

→ 沖孔鋁板。

Step 4. 鋪設排水板

排水板可快速將雨水經植生不織布的過濾層導至天溝，達快速排水功能，並有少許儲水量，可在冬天減少澆灌。施工時仔細地將所有排水板緊密搭接。



→ 鋪設排水板。圖5-1-8

Step 5. 植生不織布作為過濾層

於排水板上鋪設植生不織布，作為排水板於植栽介質之間的濾材，防止介質流失。

Step 6. 增加介質保水力

由於斜屋頂水分流失較快，因此在介質層底部使用具高保水力的岩棉無土介質來維持保水力。



↑ → 在植生不織布與介質之間鋪上高保水力的岩棉。圖5-1-9



Step 7. 酸素管

沿沖孔板鋪排酸素管作為排水通道。酸素管是由晶曜石填充而成，排水速度達0.26m/s，大雨時可快速排水，不阻塞也具有過濾效果。

Step 8. 覆土

使用超輕質的屋頂輕質土作為植栽介質，其比重為0.8，是一般花土比重的1/2-1/3，符合長跨距設計所需之低屋頂承载力，可減輕屋頂載重的負擔。



→ 覆土。圖5-1-11

Step 9. 滴灌管埋設

穩定的供水植栽才可生長良好。為了澆灌方便，配置滴灌管，較噴灌給水可節省50-70%的水量。



→ 預埋滴灌管。圖5-1-12

Step 10. 植栽設計圖

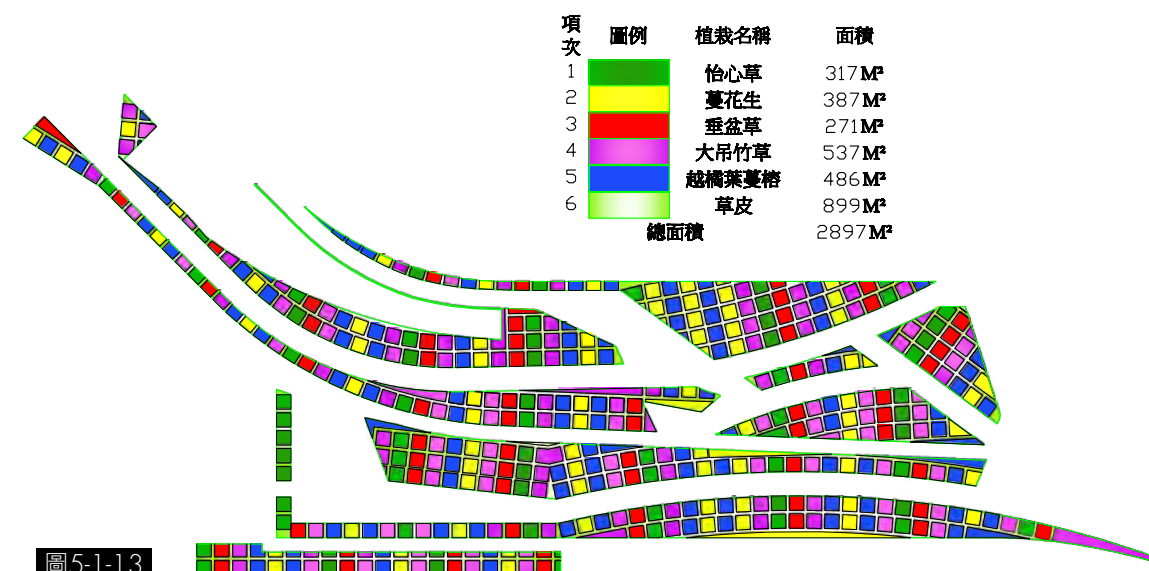


圖5-1-13

Step 11. 植栽毯施作

不同於傳統單株種植方式，容易在未完全綠化前即因大雨沖刷而去，或因土壤裸露過多而被雜草取代。新莊國民運動中心使用預先在農場製作成毯的植栽毯。方便鋪設，可輕易設計出蘇格蘭裙彩色方塊的效果。



圖5-1-14

↑→植栽毯鋪設。



Step 12. 施工完成

圖5-1-15



Step 13. 兩年後的新莊國民運動中心綠化斜屋頂

兩年以來遭遇強勢物種演替、雜草入侵的變化，保固過後的新莊綠屋頂已被綠草取代。

草坪與地被植物的綠屋頂，其維養需求高，若要維持原本蘇格蘭裙般的彩色方塊設計，必須定期除草，視情況更換老化植栽，以保持原本綠屋頂的美觀和植栽活力。



圖5-1-16

↑2年後的綠屋頂。

Step 14. 現況

新莊國民運動中心綠屋頂目前養護良好，達到原設計的隔熱節能目標，歷經兩年來的風吹雨打，綠覆情況良好，是個成功的斜屋頂綠化案例。

02/ 高空陽台種樹 若山



圖5-2-1

從自家樓層可看到樓下的陽台大樹，開窗即見自然，這就是若山想要帶給人們的感動。



圖5-2-2

↑ 新竹若山建築全景。

屋頂綠化發展到近幾年，技術工法日新月異，人們不斷創新、設計永續性綠化設施和綠建築。在這高度發展的都市化社會，人們更渴望親近自然，希望在自家陽台也有一片綠蔭乘涼，這股高樓陽台種樹的趨勢不可擋，在義大利有馳名全球的米蘭垂直森林住宅大樓，台灣則有新竹若山，在每戶陽台種大樹。



圖5-2-3

↑ 由室內往陽台望去的一景。若山自2012年施工迄今，其陽台種樹的規劃設計，已是業界觀摩的典範，度過數次颱風的考驗，每棵樹依舊屹立不搖。



圖5-2-4

↑ 若山陽台種大樹

樓高20層的若山，在每個五坪的陽台都配置一棵4-5公尺高的喬木，並依不同樓層高度，選用不同的適用植栽，展現由低海拔到高海拔的植物多樣性，總共種植了54棵喬木，諸如櫟木、九芎、羅漢松、赤松等樹種。為了喬木向上的生長空間以及採光，若山設計錯層陽台，二樓的住戶可憑窗望見一樓的大樹，不僅提供樹蔭，也增加生物多樣性，在自家陽台就可以體驗自然蟲鳴鳥叫之美。

解決了樹木地上部的生長空間後，地下部根系生長空間的創造也不容忽視，若山建案為確保樹木根系可有良好的伸展，將陽台樓板降低1公尺，保留深度1公尺的植栽槽，以進行後續植栽綠化，讓移植後的樹木也有寬敞的新家。

以下簡介其屋頂綠化施工流程

Step 1. 預鑄水泥柱：

由於若山在規劃設計階段就決定要在陽台種樹，因此可在原結構層上預鑄水泥柱作為基座，以固定磐地式支架。此外，也可避免於隱形支架施作時破壞防水層。



圖5-2-5
↑ 預鑄水泥柱。

Step 2. 防水層與排水板施作

樓板防水施作完成後，於防水層上鋪設排水板。



圖5-2-6
↑ 鋪設排水板。

Step 3. 排水層與過濾層施作

以植生不織布為濾材，鋪上6公分厚的晶曜石作為過濾層，防止植物根系下竄、避免盤根，並於植栽槽四周鋪放酸素管作為排水通道，可引導水排至排水孔。

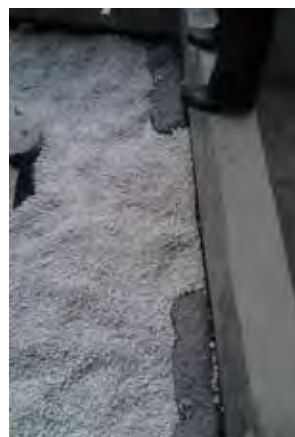


圖5-2-7
↑ 晶曜石與酸素管鋪設。

Step 4. 阻根層

為防止植物根系沿潮濕壁面生長，穿透不織布，破壞防水層與建築結構，利用雙凹凸設計的導根板，製造壁面空氣層，可達斷根以及引導根系生長的功能。於植栽穴全面鋪設，其中接縫處的密合需特別注意，需用熱熔槍黏合。



圖5-2-8
↑ 導根板施作與接縫黏合。



Step 5. 落水頭、檢修孔防護

為避免土壤介質或植栽根系鑽入、阻塞排水孔，特別是預防樹木根系的竄根，所有陽台花園的落水頭都以雙層HDPE排水管包覆，中間再以晶曜石填縫，利用晶曜石過濾、預防阻塞，最後蓋上專用檢修蓋，即完成檢修孔施作。日後可打開檢修清理該檢修孔。



圖5-2-9
↓ ↑ 落水頭與檢修孔防護。



Step 6. 磐地式支架固定

為分散固定水泥柱上磐地式支架的拉拔力，降低結構負擔、增加根系生長空間，於水泥墩柱上加點焊鋼絲網，增加結構強度，再將磐地式支架固定於水泥柱與鋼絲網上。如此嚴謹的施作工序，才能確保磐地式支架可有效固定土球，抵禦高樓強風。



→磐地式支架於預鑄水泥墩柱與點焊鐵絲網上固定。

圖5-2-10

Step 7. 覆土

為符合陽台樓板載重，並提供初移植樹木足夠的養分和根系生長所需的空氣，使用具通氣排水、保水保肥和可促進根系發育等功能的樹穴植生土，以提高樹木發根存活率，降低後續工程補植等維護成本。樹穴植生土由植生陶石、保綠人造土做骨材，加上砂質土、腐植土、植生沸石及土壤活化劑等混拌而成。



圖5-2-11

↑混拌之輕質土壤。

Step 8. 樹木移植作業

①移植前土球培養：

樹木於移植前需假植於根控盆，並置於案場附近，除了可先適應周遭環境，最重要的是培養土球與更多鬚根。

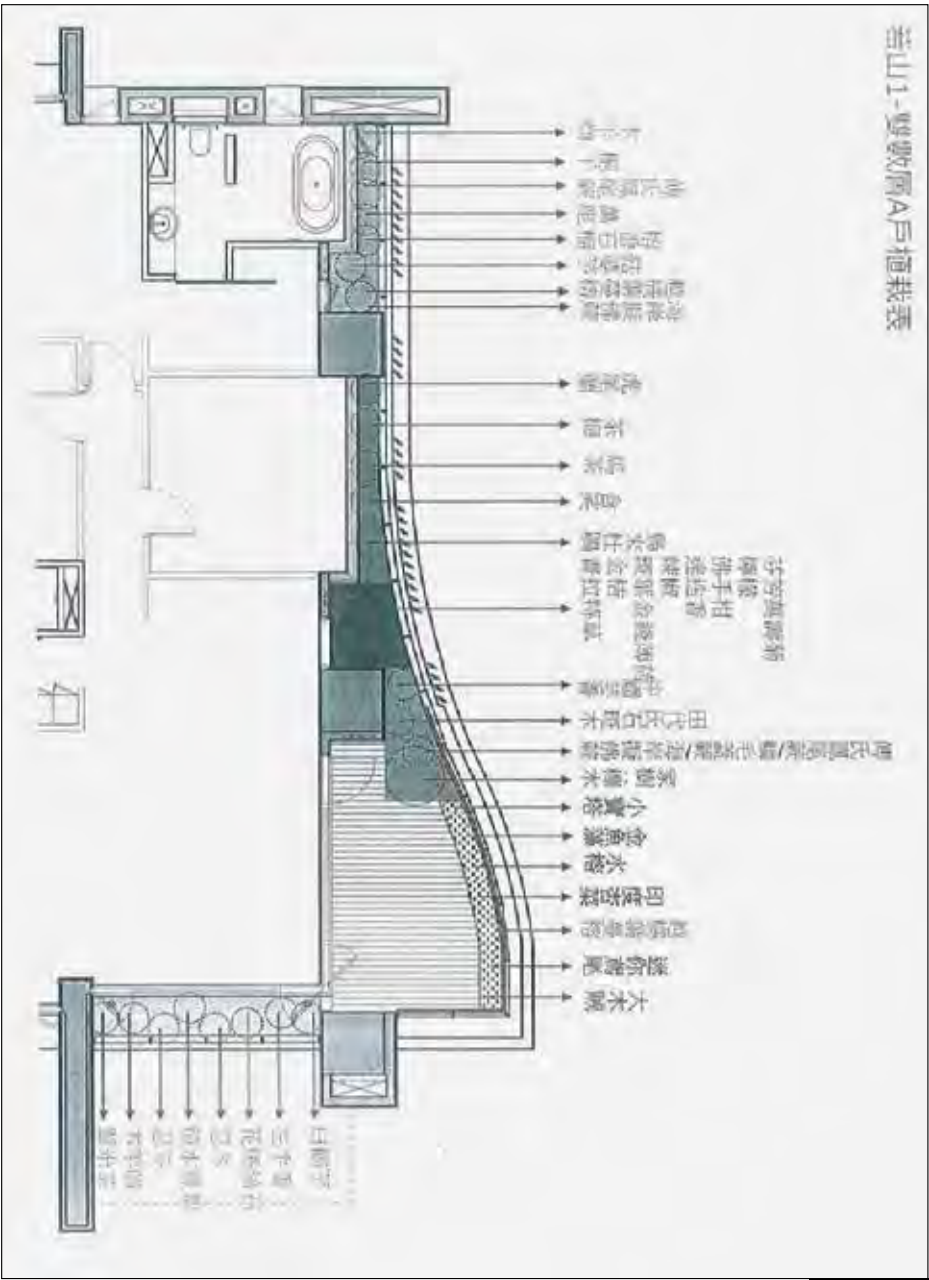


圖5-2-12



圖5-2-13

↑ 將樹木假植於案場附近，以根控盆培養鬚根生長。

②移植吊運：

將一棵樹從地面吊運至高樓處，需謹慎小心、注意工地安全。吊運時更要注意過程中樹皮被刮傷、土球破裂或樹木倒伏。通常建議採用三點吊運的方式，並於枝幹上纏繞麻布避免吊運過程中擦撞碰傷。



圖5-2-14

↑ 三點式吊運移植作業。



③吊運到陽台上的喬木要以磐地式支架固定，再覆土、澆灌，完成移植作業。



圖5-2-15

↑ 吊運至陽台後，以綁帶將土球固定於磐地式支架上。



9. 養護作業

為確保辛苦移植、種養的植栽能順利存活、生長，須制訂維養計畫書，安排定期維養，包括澆水、灌溉系統整理、施肥、除草、噴藥、修剪、植栽補植、排水系統整理、颱風季節加強維養等作業的制定。

若山的陽台種大樹工法與米蘭垂直樹林及其他國內案例最大之不同是她的樹木植穴涵蓋陽台的大部分有利其根源生長，而其他案例多是以花台形式砌起，影響陽台適用面積，樹木生長空間受限於花台大小，優良的導根設計也確保了樹根將來不會竄入結構及盤根弱化樹勢。

03/ 台北博瑞達公司
屋頂花園



圖5-3-1



↓ ↑ 博瑞達公司未施工前露臺。

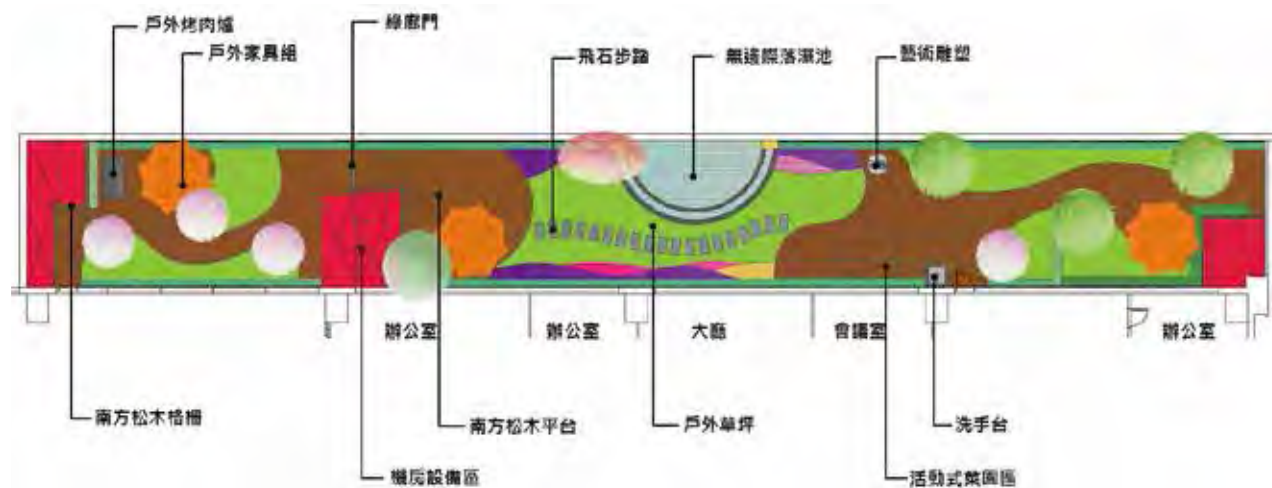


圖5-3-2



圖5-3-4

↑ 水池邊黃金串錢柳與鳶尾花等植栽配置。



↑ 陽台設計平面配置圖。

圖5-3-3

位於台北市內湖區的博瑞達國際有限公司的辦公室坐落於8樓，大片玻璃面對空曠的長型露臺，為了提升工作環境、達到節能減碳的效果，博瑞達公司決定在此設置屋頂花園。

這座庭園由樹花園負責設計施工，初始設計為極簡、幾何的線條，以符合辦公室庭園的需求，也便於管理。然而業主希望更改為較柔和、生活化的曲線，並增加具有財運象徵的水景，因此最後定案時，才有這一座以木平台、石板步道和半月型水池與水幕牆組成的精緻屋頂花園。

為了維護便利，植栽選用許多同一季節修剪的灌木和小喬木，如鳶尾花、朱槿、黃金串錢柳、繡杞等，種類多元卻不複雜，並可減少維養成本。為了施作花園和水池，屋頂的防水和排水需下功夫，首先進行48小時10公分的閉水測試，確保防水無虞，才開始進場施工。

屋頂花園完工後，員工多了一個戶外休憩空間，在工作壓力排山倒海到來之時，到屋頂花園透氣，可以舒緩一下心情，充電再出發。

以下簡介其屋頂綠化施工流程

Step 1. 防水處理：

建造屋頂花園必須進行二次防水處理。48小時閉水測試，確認屋頂樓板無漏水、防水層沒問題。

步驟

封閉出水口→清水灌水→10公分水位觀察48小時，無滲漏逐步放水→檢視有無積水。



圖5-3-5

↑ 閉水測試。

Step 2. 木平台施作：

①放樣：

根據設計圖將木平台的施作範圍畫分出來。



圖5-3-6

↑ 放樣。

②焊接底座：

焊接C型鋼作為架高木平台的底座。



圖5-3-7

↑ 焊接C型鋼。

③架設木平台：



圖5-3-8

↑ 木平台架設完成。

Step 3. 排水施作：

①落水頭防護：

木平台尚未架設前，將木平台下方的落水頭以酸素管包覆，防止落葉或異物經排水阻塞落水頭。



圖5-3-9

↑ 落水頭防護。

②設置沖孔鋁板

在木平台與種養植栽的介質之間設置沖孔鋁板，阻隔植栽介質，而讓水流過、排出。在沖孔鋁板外並用酸素管斷根，防止植物根系向外生長，阻塞排水孔。酸素管連結處則以晶曜石填滿。



圖5-3-10

↑ 沖孔鋁板施作情形。



圖5-3-11

↑ 酸素管和晶曜石做空氣斷根與過濾材。

③排水層：

於屋頂樓板上由下而上鋪設排水板、植生不織布，排水板具有耐壓排水的功能，植生不織布則作為土壤與排水板之間的濾材，本身不吸收水分，可阻擋土壤介質等流失，讓水滲透到排水板下，達到濾水功效。



圖5-3-12

↑ 排水板上鋪設植生不織布。

Step 4. 植栽種植：

於植生不織布上覆土，由於屋頂載重限制，此處採用植生輕質土。

①草花、灌木

依植栽配置圖定植。



圖5-3-13

↑ 植栽定植完成全景。

②小喬木：

由於建築面向東北，冬季受東北季風影響大，高樓風強，為了固定喬木，又不欲杉木支架或鋼索等阻擋視線美感，故使用磐地式支架牢固固定喬木。



圖5-3-14

← ↑ 以磐地式支架
固定喬木。

Step 5. 草皮、鋪面與其他設施入場，清潔後完工



圖5-3-15

↑ 清理案場，完工。



圖5-3-16

↑ 水池啟用。



圖5-3-17

↑完工一景。

04/ 新北市蘆洲
忠義國小



完成施工的薄層綠屋頂。



↑ 忠義國小屋頂薄層綠化設計模擬圖。

圖5-4-1



圖5-4-5

↑ 施工完成後2年重返基地探視，整座花園雖然不再像原本那般整齊，更甚者，整座花園草花茂盛，顯示土壤肥沃，供排水都沒有問題。



圖5-4-3

↑ 民眾觀賞屋頂植栽生長情形。



圖5-4-2

↑ 未施工前的屋頂空地。

新 北市蘆洲忠義國小的薄層綠屋頂結合蔬果園與香草植物園，隨四季栽種不同蔬果，吸引蜻蜓、蝴蝶前來，作為一個休憩的場所，讓學童親近自然，師長也可進行環境教育，是小學自然課的最佳實習場所。

由於該屋頂花園是國小的教學場所，配合國小的學期作息，學期初老師就會帶著小朋友上頂樓種植新蔬菜，透過一學期的時間，讓學生觀察植物的生長，體驗蔬菜收成的喜悅和成就感。寒暑假則由校工伯伯來維護。



圖5-4-6

↑ 雜草茂盛。



圖5-4-4

↑ 在都市叢林中的一塊清幽綠地。

05/

盆鉢型屋頂農園

林口佐賀社區





圖5-5-3

↑ 佐賀社區屋頂菜園全景。

從20平方公尺的小農園擴大為300平方公尺的屋頂農園，林口佐賀社區的居民擁有自己的菜園，每天都可以享受種植、收成自耕農作物的無比樂趣。

一個社區除了游泳池、健身房、視聽室等公用設施，在近年強調健康養生的觀念以及食安問題的衝擊下，有機農業盛起，而居住在都市叢林的人們，特別是老人和小孩，沒辦法天天往陽明山或郊區市民農園跑，因此，「屋頂菜園」、「魚菜共生」已成為最新的養生活動。

林口佐賀社區屋頂農園採用矩形模組化的植栽箱，介質以70%有機椰纖土混合30%的各種輕質礦物介質，並做分組比對，觀察不同介質施用的情形，才逐漸成功擴大農園面積。模組化植栽箱的設置不需進行屋頂結構層施工，簡化屋頂排水與維護的問題，降低住戶對排水漏水的疑慮和阻力。此外，植栽箱易於移動重組的特性，讓人們得以根據不同季節的光照需求，調整植栽箱的位置和排列，對於變更和各項調整都較經濟方便。



圖5-5-1

↑ 建置前的屋頂空地。

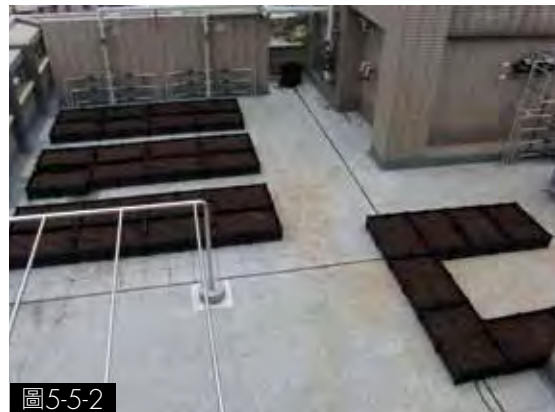


圖5-5-2

↑ 建置初期的屋頂菜園。



圖5-5-4

↑ 社區居民共同維護屋頂菜園。

社區管委會為此也制定了農園管理辦法，從維護經費的運用、毒性與非法植物的禁植、農肥使用的規範、環境秩序的維持等措施皆有制定，如設施折舊與維護費用每年編列4-5萬元，由種植戶組織社團認養、託付管理，農作物的收成買賣也可增加社區基金收入，更重要的，社區屋頂農園讓原本缺少互動的社區因種菜而有了共同話題，年長者與年輕人也有連結、開始熱絡了，這是最意外的收穫。



圖5-5-5
↑ 增加社區居民的互動交流。



→ 收成新鮮蔬果。

圖5-5-6

以下簡介其屋頂綠化施工流程

Step 1. 防水層：

儘管是盆鉢型屋頂菜園，能夠系統性地將排水導至排水口，為避免漏水疑慮，在設置菜園前還是請專業廠商來施作防水塗佈。



圖5-5-7
↑ 防水層塗佈。

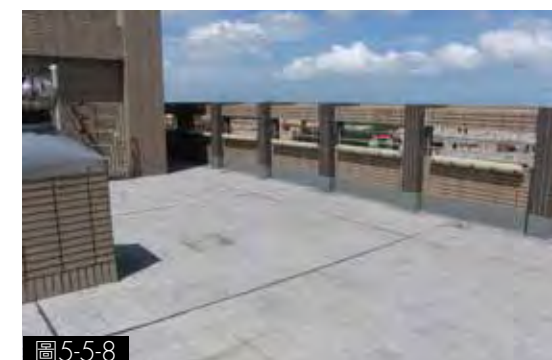


圖5-5-8
↑ 防水塗佈完成。

Step 2. 栽植箱組裝：

將模組化的栽植箱組裝排列好。



圖5-5-9
↑ 栽植箱組裝。

Step 3. 澆灌系統架設：

配管定期澆灌菜園。



圖5-5-10
↑ 配管定期澆灌菜園。

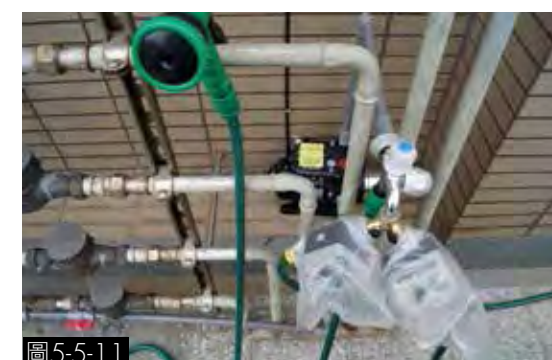


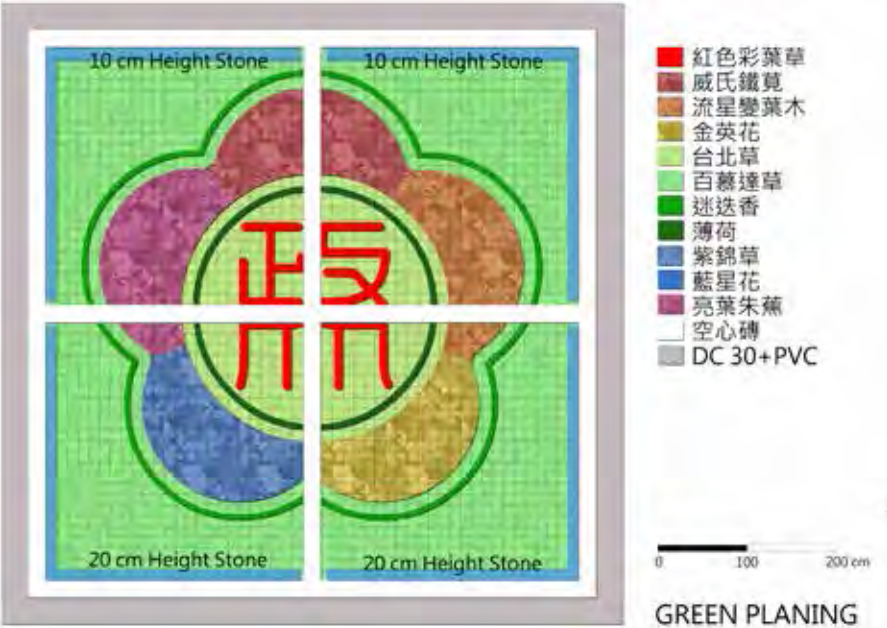
圖5-5-11
↑ 定期自動澆灌系統。

政治大學



一、規劃設計：

根據屋頂之現況與使用需求，設計綠屋頂之樣式。



↑ 政治大學綠屋頂植栽建議圖。

圖5-6-1

二、植栽選擇：

依據環境條件與規劃設計選用適當之植栽種類。

植栽種類與特性		
品種	總數	特性
彩虹馬齒莧	204	大多品系屬於半匍匐型，野生小黃花品系屬匍匐型，全株無毛，株高25~35公分。
麒麟花	165	常綠灌木，高1~2公尺，莖幹粗壯，具稜溝，暗綠色，密生棘刺；刺黑色，長1.5~2.5公分。單葉，葉片長2~4公分，寬1~2公分。花序為大戟花序，呈聚繖花序狀，花期4~10月。
小蚌蘭	220	叢生性多年生草本，莖部多肉質，由基部萌生新芽。葉片正面綠色，背面紫紅色，排列緊密。
羅漢松	220	葉為線狀倒披針形，前端圓，極少鈍，無葉柄，邊緣略反捲，葉綠色。春季開花，夏天開花，開花時不明顯，皆為黃綠色小花。

表5-6-1



圖5-6-2

↑ 政治大學綠屋頂。

位於政治大學公企中心頂樓的薄層綠屋頂，是由地政系孫振義老師帶領學生建置的薄層綠屋頂。為了瞭解不同介質對植栽生長的影響和差異，在不同區塊鋪設不同介質，長期研究觀察，以實際深入了解綠屋頂植栽的變化。

該薄層綠屋頂的設計採用政治大學的校徽，以空心磚做為區隔，施作簡易、結構穩固，以自動滴灌系統澆灌，並且監控植栽生長與降溫情形。該綠屋頂的實驗數據之提供除了對綠屋頂推廣有所貢獻，也是學生最佳的實習場所。

以下簡介其屋頂綠化施工流程

Step 1. 架高隔離：

為確保新設置之綠屋頂與將來屋頂漏水無涉，本案增加排水板與防水布之鋪設，運用整體架高方式，讓新設置之綠屋頂與原屋頂結構完全脫離。

Step 2. 鋪設蓄排水板與區劃：

本案於綠屋頂底層鋪設蓄排水板以利控制綠屋頂土壤（介質）的含水率。此外，為進行植物種植區之區劃，以利將來管理維護，本案運用空心磚將綠屋頂區劃為若干小區域。



↑ 鋪設排水板。



圖5-6-3

Step 3. 過濾層鋪設：



圖5-6-4

↑ 鋪設不織布作為過濾層。

Step 4. 覆土（介質）：



圖5-6-5

↑ 覆土。

Step 5. 植栽區域放樣與種植：



圖5-6-6

↑ 依據規劃設計圖種植栽。



Step 6. 養護、澆灌與監測：

種植完成後的綠屋頂，除設置滴灌系統定時定量澆水外，另外進行植物生長狀態監控與綠屋頂降溫監測，以利未來綠屋頂推廣參考。



圖5-6-7

↑ 完工後的綠屋頂。

附錄一、世界綠屋頂協會組織會員國與台灣

現時世界各國推廣綠屋頂人士已陸續成立綠屋頂暨立體綠化協會，並共同加入世界綠基礎連線（World Green Infrastructure Network）。該組織目前已有25個會員，涵蓋25國家地區，並定期以電話會議討論推廣綠屋頂事宜，每年選定一個國家舉辦世界綠屋頂大會，2013年是在法國南提斯（Nantes）。2014年10月在澳洲，2015年則是在日本名古屋。

有意願的主辦國需要在三年前提出申請計劃，經WGIN理事會審核資格與當地政府提供的補助承諾書後，投票選出主辦國，程序跟爭取方式與奧運主辦國之申請類似。

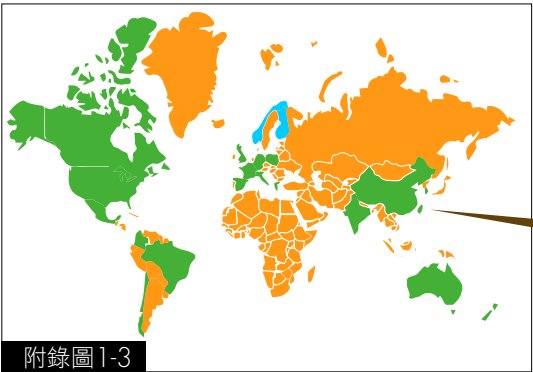
出版方面，各國都出版自己的綠屋頂書籍，去年更由西班牙主導出版了一本“世界上的綠城市”（Green City in the World）一書，收納各國代表提供的綠屋頂案例和綠屋頂組織介紹。



附錄圖 1-1



Green City in the World一書。



WGIN會員國全球分佈圖

綠色：組織會員
藍色：公司會員

台灣

WGIN會員國、會員代表人及其組織名稱表

國旗	會員國	會員代表	組織名稱
	Australia	Matt Dillon	Green Roofs Australasia
	Brazil	João Manuel Linck Feijó	Association Telhados Verdes para Cidades Saudáveis
	Canada	Steven Peck	Green Roofs for Healthy Cities
	Chile	Ignacio Espoz	ACHIVE--AIVECH
	China	Zhaolong Wang	International Promotion Center for Vertical Planting IRLA
	Colombia	Andres Ibañez	RECIVE
	France	Francois Lassalle	Association pour le Développement et l'Innovation de la Végétalisation Extensive des Toitures ADIVET
	Germany	Manfred Köhler	Fachvereinigung Bauwerksbegrünung FBB
	Great Britain	Nigel Dunnet	Individual national Member
	Greece	Andrew Clements	prasines-steges
	Hong Kong	C.Y. Jim 詹志勇講座教授	Individual national Member
	India	Hemakumar , Suresh Billore	IGIN , GREEN TAKNIKI
	Iran	Aslan Jonoubi	Iranian Green Roof & infrastructue Association (IGRA)
	Italy	Riccardo Rigolli	promoverde.it
	Israel	Yael Stav	Individual national Member
	Japan	Hajime Kozhimizu	Organization for landscape and urban Green Infrastructure
	Korea	Prof. Eunheui , Lee	Korea Green Roof & Infrastructure Association (KOGRIA)
	Mexico	Tanya Muller Garcia	Asociación Mexicana para la Naturación de Azoteas

國旗	會員國	會員代表	組織名稱
	New Zealand		See Green roof Australia
	Poland	Ewa Piatek-Kozuchowska	Polish Green roof Journalist , "Dachy Zielone"
	Singapore	Mr Ho Wan Weng 何運榮	Individual national Member
	South Africa	Eric Noir	GreenbyDesign
	Spain	Julian Briz	Pronatur
	Taiwan	Nelson Li	Taiwan Green Roof and Green Wall Association
	USA	Steven Peck	Green Roofs for Healthy Cities

WGIN會員國、會員代表人及其組織名稱表。

附錄表 1-1

台灣綠屋頂暨立體綠化協會於2011年5月18日，由一群關心環保與生態的人士共同組成，其中包括了專家學者、建築師、景觀設計師、專業廠商及社區民眾。這麼不同的一群人卻有一個共同的夢想，就是期望打造台灣的綠色天際線。

不止台灣有這一群人，在國外更是早在2007年，由德國和美國為主，串聯英、法、義、日、澳洲等國家，成立了世界綠基礎連線（world green infrastructure network），簡稱WGIN，成為國家間分享綠屋頂相關技術及成功案例的平台。

台灣綠屋頂協會在成立後加入WGIN，目前會員有台灣、美國、加拿大、德國、法國、英國、日本、澳洲、韓國、巴西、智利、哥倫比亞、希臘、印度、義大利、墨西哥、紐西蘭、波蘭、南非、西班牙、中國等。

協會目標乃成為綠屋頂及業者的溝通平台，使台灣技術達到世界水準，協會致力於將設計及施工規範文字化，以提昇綠屋頂品質與消費者信心。



台灣綠屋頂暨立體綠化協會logo

附錄圖 1-4

附錄二、政府鼓勵設置綠屋頂的法令與獎勵辦法

政府鼓勵設置綠屋頂的法令與獎勵辦法

為響應節能減碳與創造優質的生活環境，以永續生態為基礎，各直轄市或縣市政府近年積極透過地方自治法規來推動屋頂綠化或立體綠化，對於老建築的更新或新建建築都有相關屋頂綠化或立體綠化之獎勵，期望達到保護環境與發展經濟的雙贏。

以內政部綠建築獎勵與建築基地綠化設計技術規範規定為首，目前已有10個縣市政府針對綠建築、綠屋頂暨立體綠化之建置制定自治條例與獎勵制度，法規名稱與連結網址整理如下表。

各縣市相關綠建築自治條例總表

單位	法規名稱與網址連結
內政部	建築基地綠化設計技術規範 http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10536&Itemid=57 （內政部營建署）
台北市	臺北市新建建築基地法定空地綠化實施規則 http://www.greenroof.org.tw/news-page.php?id=547 （綠屋頂協會光官網） 臺北市建築物及法定空地綠化實施要點 http://www.laws.taipei.gov.tw/lawsystem/wflaw_Information.aspx?LawID=PO6I3016-19940823 （台北市政府法務局） 台北市綠建築自治條例 http://www.laws.taipei.gov.tw/lawsystem/wflaw_ArticleContent.aspx?LawID=P13K1008-20141110&RealID=13-11-1008 （台北市法規查詢系統）
新北市	新北市都市更新建築容積獎勵辦法 http://www.greenroof.org.tw/news-page.php?id=545 （綠屋頂協會官網）
桃園縣	桃園縣建築基地綠化自治條例 http://law.tycg.gov.tw/LawContentDetails.aspx?id=FL023503&KeyWordHL=&StyleType=1 （桃園縣政府網站）
宜蘭縣	宜蘭縣政府綠建築獎勵措施 http://green.eiland.gov.tw/innerFaqContent.aspx?uid=28&id=15 （宜蘭縣綠建築專網）
新竹縣	新竹縣建築基地綠化實施辦法 http://hclaw.hsinchu.gov.tw/law/LawContent.aspx?id=FL043087 （新竹縣政府網站）
新竹市	新竹市都市更新建築容積獎勵核算標準 http://urban.hccg.gov.tw/Internet/main/List.aspx?uid=5889&pid=5888 （新竹政府都市發展處）
台中市	臺中市建築管理自治條例 http://210.69.115.31/GLRSout/LawContent.aspx?id=GL001331 （台中市政府網站）
台南市	臺南市低碳城市自治條例 http://law01.tainan.gov.tw/glrsnewsout/NewsContent.aspx?id=450 （台南市政府）
高雄市	高雄市綠建築自治條例 law.kcg.gov.tw/law/inc/GetFile.ashx?FileId=532 （高雄市政府法制局）
澎湖縣	澎湖縣低碳建築設計準則 http://law.penghu.gov.tw/glrsnewsout/NewsContent.aspx?id=117 （澎湖縣政府網站）

附錄表 2-1

附錄三、綠屋頂設計與施工準則

1.總則

- 1.1為改善城市生態環境，美化城市屋頂，降低溫室效應，節能減碳，規範屋頂綠化設計、施工及養護管理，確保屋頂綠化安全，制定本規範。
- 1.2本規範參考德國FLL屋頂綠化技術規範、日本東京自然保護條例、京都府地球溫暖化對策條例、《上海屋頂綠化技術規範（試行）》、《北京市地方標準—屋頂綠化規範》、中華民國《建築技術規則》等相關技術標準制定。
- 1.3本規範適用於新建機關、事業單位以及文化、體育等公共服務設施建築屋頂的屋頂綠化設計、建設和養護，其它適宜綠化的屋頂亦可參照本規範。
- 1.4屋頂綠化建設除遵照本規範外，還應遵守國家、縣市相關法律、法規。

2.術語解釋

2.1綠屋頂（green roof）

以建築物、構築物頂部為載體，以植物為主體進行配置，是多種屋頂種植方式的總稱。

2.2平屋頂（truncated roof）

屋面坡度小於5%的屋頂。

2.3斜屋頂（pitched roof）

屋面坡度大於5%的屋頂。

2.4屋頂承載（roof load）

通過建築屋面傳遞到牆、立柱及建築基礎上的承載（包括靜承載和活承載）。

2.5靜承載（permanent load）

又稱永久承載，指在結構使用期間，其值不隨時間變化的承載。

2.6活承載（variable load）

又稱可變承載、臨時承載，指在結構使用期間，隨時間而變化承載。

2.7防水層（double waterproof layer）

用於防止雨水和灌溉水滲漏的隔離層。

2.8剛性防水（rigid waterproof）

指在鋼筋結構層上，用普通矽酸鹽水泥砂漿摻5%防水粉抹面的一種防滲漏方法。

2.9柔性防水（flexible waterproof）

用油氈、PEC高分子防水卷材或橡膠、塑膠粘貼而成的一種防滲漏方法。

2.10塗膜防水（membrane waterproof）

用聚胺脂等油性化工塗料，塗刷成一定厚度的防水膜而成的一種防滲漏方法。

2.11阻根防水層（root resistant waterproof layer）

使用阻根防水材料構成的防水層。

2.12（蓄）排水層（water retention/drainage layer）

用於改善介質的含水通氣狀況，蓄存少量水分並能迅速排出多餘水分，有效緩解瞬時壓力而設置的材料層。

2.13隔離過濾層（filtration layer）

用於阻止介質進入排水層的材料層，一般採用既能透水又能過濾的聚酯纖維不織布材料。

2.14介質層（substrate layer）

指滿足植物生長條件要求，具有一定的通氣排水性能、保水能力和體積穩定的輕質材料層。

2.15植栽層（plant layer）

種植植栽的表面層。

3綠屋頂的基本類型

3.1基本類型

綠屋頂分為庭園型（intensive）、薄層型（extensive）、盆鉢型（containerized）。不同類型的綠屋頂有不同功能定位，如降溫、雨水截流、生物多樣性、休閒空間、療育庭園等。

3.2庭園型（intensive）

為使人們容易接觸、觀賞、娛樂、休閒等需求,所設置之景觀設施，如喬灌木、草皮、花架亭廊、鋪面走道、休憩設施、水景等。投資與維護管理費用高、承載重量大、豐富的植物種類等，種植介質厚度在30cm以上，其承載重約300~600kg/m²或以上。

3.3薄層型（extensive）

薄層型綠屋頂以體現生活與環境的協調性，一般只供人們觀賞，極少進入，其植物生長介質厚度

在10~30cm，以低矮灌木、草花和抗旱性強的地被植物、草皮為主。具承重小，投資少和低成本的維護費用等特性。其承載重約100~300kg/m²。

3.4盆鉢型（containerized）

盆鉢型（containerized）綠屋頂採用盆鉢容器種植或擺置，不太受環境因素限制，變化性高，但根系生長受限。承載重量、維管費用取決於盆栽大小與數量，利用預先種植馴化擺設。可有效增加綠覆面積及降低維管費用。

4.綠屋頂建築物要求

4.1坡度

綠屋頂施作應設計約2度之坡度以利排水。屋頂坡度大於15度以上，45度以下之屋頂綠化，應儘量做薄層綠屋頂。屋面坡度大於45度，盡量避免施做綠屋頂。

4.2高度

新12層樓以上的建築物屋頂綠化，因風阻較大，不建議種植高大喬木或灌木。

4.3防護圍欄（女兒牆）

為防止高空物體墜落和保證遊客安全，應在屋頂四周設置防護圍欄（女兒牆），高度應130cm以上。屋頂有設備者，其設備高度不得影響防護圍欄（女兒牆）之高度，例如貼著圍欄設置花台，花台上之圍欄高度應高於130公分。

4.4景觀設施應設置在建築牆體、承重樑位置，高度儘量不大於3米。景觀設施應選擇質輕、環保、安全、牢固材料。

4.5承載

綠屋頂設計須充分考慮屋頂的承載。花園型綠屋頂設計，其屋面承載應 $\geq 450\text{Kg}/\text{m}^2$ （營業性屋頂花園 $\geq 600\text{Kg}/\text{m}^2$ ）；薄層型綠屋頂設計，其屋面承載應 $\geq 200\text{Kg}/\text{m}^2$ 。

4.5.1綠屋頂設計應由建築師或台灣綠屋頂暨立體綠化協會進行複驗，並出具證明。

4.5.2按照設計屋面承載要求，選擇臨時物體堆放點。

4.5.3已建屋面的綠屋頂設計承載應滿足建築屋頂承重安全要求，承載必須在屋面結構承載力允許的範圍內。綠屋頂承載應包括植栽、介質、景觀設施、硬體設備等靜承載，以及由人流量、雨水、風、雪、樹木生長等所產生的活承載。植栽平均承載參考值：草皮1m²約20kg、草花約40kg、灌木約60kg、小喬木（高度3m）約50kg/每株，依樹種而有差異。

植栽地上部之計算

$W=k\pi(d/2)^2Hw(1+p)$ ，其中

W=樹木之重量

K=樹幹形狀係數（依樹種、樹齡不同，但一般概算為0.5）

d=樹幹直徑（m）

H=樹高（m）

w=樹幹單位體積重（1100~1500kg/m³，一般常綠較重，針葉及落葉較輕）

p=枝葉係數（0.2~0.3）

地下部之計算

$W=\text{土球體積} \times w$

w=土壤單位體積重（俗稱比重，一般自然土壤約為1.6,屋頂輕質土為0.8）

5.綠屋頂設計

5.1綠屋頂構造層自建築屋頂上依次為：阻根防水層、（蓄）排水層、隔離過濾層、介質層、植栽層。

5.2防水與阻根

5.2.1可選用剛性防水、柔性防水或塗膜防水三種不同材料方法，應以二道或二道以上防水層設置，最上道防水層必須採用阻根防水材料。防水層的材料應相容。

5.2.2屋頂與女兒牆之間交界處，應以水泥塗抹成圓弧狀、落水頭水管接縫處必須塗抹完善。薄膜與薄膜間重疊，其重疊鋪設應超過15cm。

5.2.3不同防水層應採用合適的施工工法，粘結牢固，搭接寬度不小於30cm，花台及屋面設施之立面防水層應高出栽培介質15cm。

5.2.4施工溫度應5-35℃，嚴禁在雨天、雪天、大風（五級以上）施工。

5.2.5屋面增設水池、花架、花台、景石、鋪設水電管線等均不得打開和破壞原屋面防水層。

5.2.6綠化屋面必須進行閉水檢測實驗，在屋頂綠化防水施工後進行，閉水時間必須大於48小時（2天）。

5.2.7防水層包含瀝青、瀝青或任何其他有機物質，需要一個單獨的阻根層。

5.3排水

5.3.1綠屋頂排水系統必須與原屋頂排水系統連接，不得改變原屋頂排水系統（天溝）。

5.3.2綠屋頂應設計合理的排水系統，降雨強度應以當地30年之降雨強度為設計基準、逕流係數；不透水鋪面或路面及路側邊坡以0.95計算；綠草地或森林地以0.5計算，曼寧粗糙係數：未粉飾混凝土面（箱涵、明溝）以0.020計算；混凝土砌卵石以0.030計算；短草土渠以0.033計算。以暴雨後1小時內排水完畢為設計原則，在排水口或落水頭應有過濾結構包覆，以免樹葉或人工介質阻塞排水口。

5.3.3為順利排水，屋頂之洩水坡度最少要有2度；排水溝之洩水坡度最少要有2度。

5.3.4在一個屋頂上最少須有2處排水孔。使用高腳落水頭，並預留日後可順利檢查之通路寬度。

5.3.5屋頂上之管徑需大於75mm。

5.3.6（蓄）排水層應根據屋頂排水溝情況設計，材料可選用單凸型、模組式、組合式等多種形式的（蓄）排水板（高度需大於2cm）、或直徑大於0.4-1.6cm的陶石，厚度宜鋪設5cm以上。

5.3.7（蓄）排水層施工必須與排水系統連通，保證排水暢通。（蓄）排水板間應緊密搭接。採用陶石作排水層時應平整，厚度一致。

5.3.8女兒牆、收邊材與綠帶間或突出物周圍，須留20cm以上排水溝或陶石溝。

5.4.隔離過濾層

一般採用既能透水又能過濾的聚丙烯纖維不織布材料。

5.4.1不織布應放在介質層下，（蓄）排水層之上，搭接處應重疊10-20cm，並向建築側牆面延伸確保介質不會掉落下來。

5.5介質層

5.5.1為達到樹木所需介質厚度,可適當進行土方造形，土方堆高處需在承重樑及柱頂位置。亦可考慮以雨水箱堆疊做造型，兼具滯洪功能。

5.5.2栽培介質應注意其比重、排水性及含水率，一般不同之人工介質與含黏土比例低的砂質壤土混拌人工介質必需有不易流失、體積穩定之特性（如陶石、保綠人造土、發泡黑曜石、矽藻土、沸石、浮石等）。土壤粒徑大於1mm者應不少於總體積之30%。有機介質體積應占總栽培介質體積20%以下。介質應符合下列規範：

理化性質	規格
土壤粒徑>1mm	≥30%
有機質含量	≤65g/l
水滲透率	>3.6 cm/hr
保水力	≥50%vol.
飽水下的空氣含量（充氣孔隙度）	>10%vol.
PH值	6-8.5
EC值	<2.5mS/cm
CEC陽離子交換能力	>10meg/100g
比重	0.7~1.0g/cm ³

5.5.3綠屋頂介質應有最低厚度要求。不同綠化植物介質厚度參考值：草皮10-15cm、草花約15-20cm、灌木20-40cm、小喬木40-100cm，依樹種而略有不同。

5.6植栽層

5.6.1植物選擇原則

（1）遵循生物多樣性原則，以低矮灌木、草坪、地被植物和攀緣植物等為主，適量種植小喬木，慎選大喬木。

（2）遵循適生性原則，選擇本地常用種和引種成功的植物。

（3）應選擇鬚根發達的植物，不宜選用根系穿刺性強的植物（竹類、榕科）。

（4）選擇易移植、耐修剪、耐粗放管理、生長緩慢的植物。

（5）宜選擇抗風、耐乾旱、耐高溫的植物。

5.6.2植物配置

（1）以複層結構為主，由喬木、灌木、草花、草坪、地被植物組成，以提高綠化效益；應利用植物色彩、花、果豐富景觀,美化環境。喬木種植位置距離女兒牆應大於2.5m。

（2）應根據屋頂承載配置。植物栽植部分可參照簡單的花園式屋頂綠化或草坪式屋頂綠化設計。

（3）盆鉢容器應避免從底部排水以致根系竄出破壞防水層。容器應選擇環保輕量材質。

5.7景觀設施設計

5.7.1景觀設施應遵循公園設計規範。

5.7.2景觀設施應設置在建築牆體、承重樑位置，高度不得大於3米。設施應選擇質輕、環保、安全、牢固材料。

5.7.3綠屋頂照明設計應選用具有誘滅蟲功能的燈具。

- 5.7.4景觀設施的基礎不得破壞屋頂防水層。
- 5.7.5種植穴、花台等必須根據實際情況設置排水孔，應根據排水口設置排水觀察井。
- 5.7.6綠屋頂灌溉設計應設計自動噴灌、滴灌裝置，預留人工澆灌接頭。
- 5.7.8綠屋頂應設置獨立出入口和安全通道，必要時應設置專門的疏散樓梯。

6 綠屋頂施工

- 6.1綠屋頂施工宜選有綠屋頂實績或經台灣綠屋頂暨立體綠化協會認證合格之廠商並按照設計圖施工。
- 6.2施工前應通過圖紙會審，明確細部構造和技術要求，並編制施工方案。
- 6.3施工不得損壞原有的建築屋面及屋面上的設施，不得妨礙屋面設施維護修繕及使用。
- 6.4種植高於2m的喬、灌木需採取防風固定技術，主要包括地上支撐法和地下固定法。地下固定法應於建築結構上防水處理前先預留固定基樁。地上支撐法應符合公共工程規範。
- 6.5施工應選擇不影響周圍居民作息的時間進行。施工期間禁止隨意丟棄雜物、枯枝及施工垃圾，避免對周圍環境造成污染。

7 綠屋頂養護

7.1 灌溉

- 7.1.1應根據樹木習性適時適量澆水。
- 7.1.2應根據氣候條件進行灌溉。夏季一般要在清晨或傍晚澆水，冬季一般在中午澆水。
- 7.1.3灌溉設施必須性能良好，接口處嚴禁滴、滲、漏現象發生；保證排水管道暢通，以便及時排澇。
- 7.1.4灌溉水不應超過種植邊界，不應超過屋面女兒牆的高度，灌溉後，應及時關閉澆灌設施。

7.2 修剪

嚴格控制植物高度、疏密度，保持適宜根冠比及水分養分平衡，保證屋頂綠化的安全性。

7.3 有害生物控制

貫徹“預防為主，綜合治理”的防治方針，採取無毒害、無污染或低污染的防治措施，嚴禁使用劇毒化學藥劑和有機氯、有機汞化學農藥，對入侵之有害植物宜採用手工拔除的方式清除。

7.4 施肥

可採取控水控肥措施或生長抑制技術，控制植物過快生長，降低建築荷載和管護成本。

7.5 設施維護

- （1）定期檢查屋頂排水系統的通暢情況，及時清理枯枝落葉，防止排水口堵塞。
- （2）景觀設施應定期檢查，消除安全隱患。
- （3）樹木固定措施和周邊護欄應經常檢查，防止脫落。

7.7養管人員養護作業時應採取必要的安全措施。

7.8養護應選擇不影響周圍居民作息的時間進行；養護不得亂丟雜物、枯枝，工完場清。

參考文獻

德國FLL屋頂綠化技術規範

日本東京自然保護條例

京都府地球溫暖化對策條例

《上海屋頂綠化技術規範（試行）》

《北京市地方標準—屋頂綠化規範》

《建築技術規則》

附錄四、綠屋頂施作基地簡易評估表

項次	項目	配分 比重	評估內容	危險度 評分
01	屋齡，yr（年）	13	□30年以上（1.0） □20-30年（0.67） □10-20年（0.33） □10年以下（0）	
02	使用功能是否改變	9	□是（1.0） □否（0）	
03	牆面產生裂縫	6	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
04	屋頂加建物（鐵皮屋、棚屋等）加重程度	9	□高（1.0） □中（0.67） □低（0.33） □無（0）	
05	屋頂加建物（水塔、消防逃生系統）加重程度	9	□高（1.0） □中（0.67） □低（0.33） □無（0）	
06	樑柱系統損害（開裂蛀腐變形等）程度	10	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
07	屋頂面產生裂縫裂蛀腐變形等程度	10	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
08	屋頂排水功能	7	□極差（1.0） □不良（0.67） □尚可（0.33） □良好（0）	
09	下方樓層是否滲水	7	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
10	板牆屋架等構材龜裂滲水銹蝕變形等程度	10	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
11	建築物傾斜及沉陷程度	10	□嚴重（1.0） □中等（0.67） □輕微（0.33） □無（0）	
	分數總計		危險度評分總計	
評 估 結 果			□不需進行補強（總分小於20 分） □建議做進一步評估，降低潛在危險（總分大於20 分）	
危險度評分＝ 配分比重×評估內容係數				

附錄表4-1

欲施作綠屋頂的基地，業主可對本表的十一個項目逐一檢視，勾選分數。分數高於20分以上，需先對基地狀況補強後，始得施做綠屋頂，以免後續問題。如能會同建築師或綠屋頂設計施工廠商會勘最佳。





屋頂綠化技術手冊

出版機關 內政部建築研究所

發行人 何明錦

地址 新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓

編撰單位 台灣綠屋頂暨立體綠化協會

編修 鄭元良、廖慧燕、廖朝軒、張育森、徐虎嘯、王家瑩

執行編輯 李有田、張淑貞、傅以文

美術編輯 關雅云

網址 <http://www.abri.gov.tw>

電話 02-8912-7890

出版年月：104 年 3 月

版次：第 1 版第 1 刷

其他類型版本說明：無

定價：300 元

展售處：

政府出版品展售門市-五南文化廣場：台中市中山路 6 號

(04) 22260330 <http://www.wunanbooks.com.tw>

政府出版品展售門市-國家書店松江門市：台北市松江路 209 號 1 樓

(02) 25180207 <http://www.govbooks.com.tw>

GPN：1010400179

ISBN：978-986-04-4291-5 (平裝)

內政部建築研究所保留本書所有著作權利，欲利用本書全部或部分內容者，需徵求書面同意或授權。

屋頂綠化技術手冊 / 臺灣綠屋頂暨立體綠化協會編撰.

第1版。- 新北市：內政部建研所，民104.03

206 面；18.9×26.5 公分

ISBN 978-986-04-4291-5(平裝)

1.造園 2.屋頂

435.7

104001822