

屋頂綠化結合雨水設計與建構維 護管理之研究

內政部建築研究所協同研究成果報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ISBN: 978-986-03-9037-7

屋頂綠化結合雨水設計與建構維 護管理之研究

計畫主持人：廖慧燕
協同主持人：廖朝軒
研究員：戴政安
 張育森
研究助理：黃恩浩
 江育銓

內政部建築研究所協同研究成果報告

中華民國 102 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

表次.....	III
圖次.....	VII
摘要.....	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 研究方法與步驟	2
第二章 屋頂綠化蒐集之資料、文獻分析	9
第一節 屋頂綠化國內外相關文獻回顧	9
第二節 屋頂綠化規劃設計方法及遭遇問題	17
第三節 屋頂綠化國內外相關法規收集	32
第四節 屋頂綠化國內外相關維護管理方法收集	36
第五節 屋頂綠化雨水貯集利用系統文獻回顧	51
第三章 國內既有屋頂綠化個案調查評估	57
第一節 現地調查實施計畫	57
第二節 現況調查評估分析	67
第四章 屋頂綠化雨水利用系統規劃	89
第一節 屋頂綠化雨水貯集系統入流量估算方法	90
第二節 屋頂綠化雨水貯集系統供給量估算方法	93
第三節 屋頂綠化雨水貯集系統取水模式	98
第四節 屋頂綠化雨水貯集系統容量設計方法與步驟	99
第五章 視窗化屋頂綠化結合雨水貯集容量設計模式使用者介面	105
第一節 模式資料建立與輸入	105
第二節 模式操作流程	106
第三節 模式輸出結果	108

第四節 屋頂綠化雨水貯集容量設計案例分析	110
第六章 屋頂綠化建構暨維護管理手冊	119
第七章 結論與建議	121
第一節 結論	121
第二節 建議	122
附錄一 屋頂綠化維護管理手冊	123
附錄二 審查會議紀錄處理情形	125
附錄三 座談會會議紀錄	131
參考書目	137

表次

表 2-1 日本屋頂綠化之定義	9
表 2-2 德國屋頂綠化之定義	10
表 2-3 上海市屋頂綠化之定義	10
表 2-4 北京市屋頂綠化之定義	11
表 2-5 國內屋頂綠化之定義(1)	11
表 2-6 國內屋頂綠化之定義(2)	12
表 2-7 建築物屋頂承載相關法規(1)	18
表 2-8 建築物屋頂承載相關法規(2)	19
表 2-9 建築物屋頂承載相關法規(3)	19
表 2-10 建築物屋頂承載相關法規(4)	20
表 2-11 《建築技術規則》樓地板用途與載重	21
表 2-12 簡易評估表	24
表 2-13 屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估	46
表 2-14 既有屋頂綠化成效評估	47
表 2-15 雨水貯集利用方式	53
表 3-1 已施作屋頂綠化單位機構	57
表 3-2 屋頂綠化調查表	60
表 3-3 屋頂綠化之建築物、結構物調查表	62
表 3-4 屋頂綠化之自然環境調查表	63
表 3-5 屋頂綠化維護管理調查表	65
表 3-6 屋頂綠化現地勘察基本資料總表	68
表 3-7 屋頂綠化現地勘察維護管理總表	72
表 3-8 屋頂形式及使用型態統計	75
表 3-9 綜合管理統計	75

表 3-10 景觀修剪管理統計.....	75
表 3-11 澆灌管理統計.....	75
表 3-12 蟲害管理統計.....	76
表 3-13 施肥管理統計.....	76
表 3-14 圓山飯店屋頂綠化基本資料表.....	78
表 3-15 圓山飯店屋頂綠化維護管理表.....	78
表 3-16 台北市信義國中活動中心屋頂綠化基本資料表.....	79
表 3-17 台北市信義國中活動中心屋頂綠化維護管理表.....	79
表 3-18 台北市信義區公所屋頂綠化基本資料表.....	80
表 3-19 台北市信義區公所屋頂綠化維護管理表.....	81
表 3-20 台北市信義國中童訓場屋頂綠化基本資料表.....	82
表 3-21 台北市信義國中童訓場屋頂綠化維護管理表.....	82
表 3-22 新北市花園新城屋頂綠化基本資料表.....	83
表 3-23 新北市花園新城屋頂綠化維護管理表.....	84
表 3-24 台北市北投圖書館屋頂綠化基本資料表.....	85
表 3-25 新北市花園新城屋頂綠化維護管理表.....	85
表 3-26 台北市吳興國小屋頂綠化基本資料表.....	86
表 3-27 台北市吳興國小屋頂綠化維護管理表.....	87
表 3-28 台北市護國禪寺屋頂綠化基本資料表.....	88
表 3-29 台北市護國禪寺屋頂綠化維護管理表.....	88
表 4-1 雨水貯集系統比較.....	89
表 4-2 屋頂綠化逕流係數(量測法).....	92
表 4-3 屋頂綠化逕流係數(估算法).....	93
表 4-4 屋頂綠化蒸發散修正係數.....	97
表 4-5 蒸發散估算參數表.....	98
表 5-1 案例參數值.....	111

表 5-2 配置整合	113
表 5-3 不同區域之配置整合	116

圖次

圖 1-1 雨水貯集系統容量計算流程圖.....	6
圖 1-2 研究流程示意圖	8
圖 2-1 屋頂綠化防根層	14
圖 2-2 屋頂綠化排保水版.....	15
圖 2-3 屋頂綠化過濾層	15
圖 2-4 屋頂綠化介質-珍珠岩.....	16
圖 2-5 屋頂綠化介質-陶粒	17
圖 2-6 屋頂綠化承載檢測流程	22
圖 2-7 屋頂綠化設計步驟.....	26
圖 3-1 圓山飯店屋頂綠化.....	77
圖 3-2 台北市信義國中活動中心屋頂綠化	79
圖 3-3 台北市信義區公所屋頂綠化	80
圖 3-4 台北市信義國中童訓場屋頂綠化.....	81
圖 3-5 新北市花園新城屋頂綠化	83
圖 3-6 台北市北投圖書館屋頂綠化	85
圖 3-7 台北市吳興國小屋頂綠化	86
圖 3-8 台北市護國禪寺屋頂綠化	87
圖 4-1 屋頂綠化雨水利用系統規劃基本圖	89
圖 4-2 屋頂綠化逕流模擬量測系統	90
圖 4-3 雨水系統組成示意圖.....	98
圖 4-4 屋頂綠化雨水系統組成示意圖.....	100
圖 4-5 澆灌用水供給量抉擇示意圖	100
圖 4-6 自來水補充抉擇示意圖	101
圖 4-7 澆灌系統流程圖	102

圖 5-1 氣象資料格式	105
圖 5-2 操作流程圖	106
圖 5-3 程式介面	106
圖 5-4 輸入參數介面	107
圖 5-5 結果圖表介面	108
圖 5-6 通過點 $(x, f(x))$ 之割線	109
圖 5-7 逐漸接近切線之割線	109
圖 5-8 設計貯集儲蓄容量與自來水替代率關係	112
圖 5-9 設計貯集儲蓄容量與自來水替代率趨勢線分析	112
圖 5-10 不同區域之年均降雨量	114
圖 5-11 不同區域之年均蒸發散情形	115
圖 5-12 不同地區之自來水替代率與設計貯集儲蓄容量	115
圖 6-1 屋頂綠化建構暨維護管理手冊	119

摘要

關鍵詞：屋頂綠化、綠建築、雨水貯集、屋頂綠化維護管理

一、研究緣起

國內都市化發展迅速，使得自然生態環境遭受破壞，都市缺乏保水機能易產生都市洪澇現象。因此解決都市化問題及尋找替代水源，成為臺灣都市之重要課題。過去常使用滯留池及綠地等設施，解決都市洪澇問題，但因地價攀升且土地取得不易，故建築物屋頂綠化可成為雨水管理之替代方案。

然而，屋頂綠化將增加水資源用量，若能結合雨水貯集系統，除減少澆灌供水負擔，亦能供給其它用水使用。近年來，國外已進行相關研究，然而國外氣候及背景與國內迥異，造成相關關鍵技術不同；國內各地方政府已積極籌劃相關綠屋頂設施納入都市設計審議法規，如：高雄市綠建築自治條例、新北市都市設計審議原則等，卻尚缺乏相關研究量化數據支持前揭規定規劃設計依據。屋頂綠化維持其效用關鍵在於維護管理，然而針對國內之屋頂綠化維護管理之資訊仍屬缺乏。

本所過去對屋頂綠化研究主要聚焦於屋頂綠化國內外產品搜集、植栽選用原則、暴雨控制及保水能力及本土化工法範例；對屋頂綠化結合雨水貯集系統供水僅進行可行性初步探討。本研究針對屋頂綠化結合雨水貯集系統進行分析，探究氣象背景類型、介質種類及厚度等對雨水蒐集之影響外，比較國內外相關變數對澆灌需水量、供給量影響。本研究對國內相關已完成案例進行調查，探討屋頂綠化遭遇之問題，並提出屋頂綠化植栽選擇、規劃設計與維護管理之建議事項。

二、研究方法及過程

主要研究內容包括：

1. 蒐集國內外相關屋頂綠化資料進行分析及探討，並國內已完成案例進行現場調查，及現地情況及遭遇問題。

2. 探討綠屋頂結合雨水利用，利用蒸發散量推估屋頂綠化澆灌需水量。建立屋頂綠化雨水貯集容量計算模式。

3. 彙整國內既有屋頂綠化現況與案例，探討結構載重、植栽選擇、規劃設計及相關技術與實際現況遭遇之問題等，編撰「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」，提供規劃設計參考依據。

三、重要發現

依據內政部建築研究所 102 年度永續綠建築與節能減碳科技中程個案計畫（第 3 案）「屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究」協同研究計畫內容表，重要發現如下。

本研究建立屋頂綠化澆灌需水量及入流量推估方法，並依照推估之成果建立國內屋頂綠化結合雨水貯集之容量計算模式及相關推估步驟。經過模式計算後，其自來水替代率與設計儲蓄容量結果將成為一條曲線，為選擇其提高每單位儲蓄容量可產生最高效率之設計儲蓄容量量效率設計儲蓄容量量，利用微分導數原理求效率設計點，導數探討函數的變化情形，依此尋找出效率設計儲蓄容量。

建置使用者介面，輸入影響參數值後計算；顯示出設計儲蓄容量與自然水替代率，可對不同設計容量對應自來水替代率。本研究分別對改變屋頂水塔容量時，三種標的之地表貯水槽在 1、3、5 及 10 立方公尺狀況下，探討系統雨水溢流量、雨水使用量、自來水替代率及貯集桶使用倍數的變化情形，供使用者一項參考依據

台灣不同區域之自來水替代率之趨勢，高雄地區之自來水替代率偏低。依照不同地區之自來水替代率與設計貯集儲蓄容量分析圖可知，本計畫模式符合

台灣地區之降雨量情況，能反映出降雨量的多寡。

本計畫使用增加每單位儲蓄容量可增加之替代水率最佳效率之設計方法，因此未必與以往設計類似。以往蒸發散旺盛且降雨時空分配不均地區，需設計較大之儲蓄容量，但在本計畫中採取之最佳效率設計發現，增加設計儲蓄容量雖可提高自來水替代率及雨水使用量，然而每投入的單位儲蓄容量卻無法有效的增加自來水替代水率，在投資建設時則需仔細考量。反之，蒸發散不旺盛地區，以往考慮較小儲蓄容量，但在本計畫中發現投入單位儲蓄容量可有效的增加替代水率。

編撰屋頂綠化建構暨維護管理手冊。探討國內既有屋頂綠化現況與案例、結構載重、植栽選擇、規劃設計及相關技術與實際現況遭遇之問題等。

四、建議事項

針對上述計畫成果，本計畫提出之建議如下：

立即可行之建議：舉辦屋頂綠化建構及維護管理之教育訓練

主辦機關：各縣市政府都發局

協辦機關：內政部建築研究所

(一)舉辦相關屋頂綠化建構及維護管理之教育訓練，俾於屋頂綠化專業知識提升，有效推廣屋頂綠化。

(二)需成立相關屋頂綠化建構及維護管理專業團隊，提供專業知識、結合相關產業，俾利推廣。

長期性建議--增加屋頂綠化示範點即訂定相關獎勵與法規

主辦機關：各縣市政府都發局

協辦機關：內政部建築研究所

(一)增加國內各型式屋頂綠化試驗點，俾利量化屋頂綠化效益。

(二)結合建築技術規範中之「綠建築專章」，提出屋頂綠化地方自治條例及獎勵辦法，促進屋頂綠化之推動。

Abstract

Keywords: Green roof; Green building; Rainwater harvesting; Operation and maintenance.

1. Purpose of the research

Due to fast urbanization in Taiwan, hydrological cycle in urban areas has been disturbed. Hence, flooding and droughts occur alternatively because the ability of water conservation in the urban areas has vanished. These have become the major issues to solve the problems of urban flooding and water shortage. In the past, detention ponds and green fields are major methods to solve the urban flooding problem. Now, green roofs become the favorite alternative because of price raising and availability of land decreasing in urban areas. Green roofs need more water for irrigation which will increase the water shortage crisis in the urban areas. For finding more water resources, rainwater harvesting will be the most favorite alternative. In the past, some feasibility studies for combining green roof and rainwater harvesting have been studied in abroad but not in Taiwan. In recent, more and more local governments such as Kaohsiung and New Taipei cities have included green roof in the urban design consideration and regulations. But the guidelines for construction and operation and maintenance (O&M) for green roof are not available.

The purpose of this study is to assess the influence of rainfall, mediums, thickness, etc. to rainwater harvesting combining with green roof system. Water supplies for rainwater harvesting system will be studied and the simulation model will be developed. Some existing green roofs cases will be visited for finding the problems existed which including structure design, loading, plantation, planning, O&M, etc. Based on the research results, draft of green roof manual will be edited.

2. Major research contents:

- (1) Collect and analysis the literatures from both abroad and domestic about green roofs. Investigate the existing green roof cases for finding the problems existed.
- (2) Investigate the feasibility of combining green roof with rainwater harvesting systems. Estimate the water evapotranspiration of green roof to determine

the water irrigation needed. Establish the mathematical model for calculating the storage volume of rainwater harvesting systems.

- (3) Investigate structural loading, plantation, planning and design, operation and maintenance issues, and etc. in designing green roof. Compile this information and finalize the draft edition of green roof manual.

3. Major findings

Major findings are as followings:

- (1) Complete the literatures review of green roofs including: planning and design, regulations, operation and maintenance and cases study.
- (2) Complete field visit and investigation for nineteen existing green roof cases nationwide.
- (3) Determine the methodology of estimating the water demand for green roof.
- (4) Set up the methodology for calculating the storage capacity of rainwater harvesting system combining with green roof. The user-friendly and window-based model has been developed.
- (5) Finalize the draft edition of "Green Roof Manual - Construction and Operation and Maintenance".

4. Major recommendations

Based on the above finds, some major recommendations are listed as followings:

- (1) For immediate executable
 - More educational and training courses for green roofs should be introduced to promote the technology of green roof;
 - Set up green roof technology service team for providing the technology of constructing green roof including construction, plantation, medium, operation and maintenance, etc.
- (2) For long term
 - Establish more green roof demonstration sites for different types of green roof and quantify the benefits of green roof.
 - Amend Green Building Chapter, Building Technology Regulation to promote the technology of green roof.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

國內都市化發展迅速，使得自然生態環境遭受破壞，都市缺乏保水機能易產生都市洪澇現象。因此解決都市化問題及尋找替代水源，成為臺灣都市之重要課題。過去常使用滯留池及綠地等設施，解決都市洪澇問題，但因地價攀升且土地取得不易，故建築物屋頂綠化可成為雨水管理之替代方案。然而，屋頂綠化將增加水資源用量，若能結合雨水貯集系統，除減少澆灌供水負擔，亦能供給其它用水使用。近年來，國外已進行相關研究，然而國外氣候及背景與國內迥異，造成相關關鍵技術不同；國內各地方政府已積極籌劃相關綠屋頂設施納入都市設計審議法規，如：高雄市綠建築自治條例、新北市都市設計審議原則等，卻尚缺乏相關研究量化數據支持前揭規定規劃設計依據。屋頂綠化維持其效用關鍵在於維護管理，然而針對國內之屋頂綠化維護管理之資訊仍屬缺乏。

本所過去對屋頂綠化研究主要聚焦於屋頂綠化國內外產品搜集、植栽選用原則、暴雨控制及保水能力及本土化工法範例；對屋頂綠化結合雨水貯集系統供水僅進行可行性初步探討。本研究針對屋頂綠化結合雨水貯集系統進行分析，探究氣象背景類型、介質種類及厚度等對雨水蒐集之影響外，比較國內外相關變數對澆灌需水量、供給量影響；並探討雨水貯集系統於屋頂綠化澆灌及建築沖廁之多目標供水可行性分析，建立國內屋頂綠化結合雨水貯集系統之多目標供水容量計算模式。本研究並探討屋頂綠化有關之結構與載重安全及所有權區分問題，以及探討屋頂綠化分項建造成本，以利日後規劃設計之參考，亦針對國內相關已完成案例進行調查，探討屋頂綠化遭遇之問題，並提出屋頂綠化植栽選擇、規劃設計與維護管理之建議事項，以維持屋頂綠化效益功能及減少後續維護管理失敗風險。

貳、研究背景

屋頂綠化(Green Roofs)具有減少都市熱島效應、增加綠地、增加都市透水性及美化城市等功能，近年來受歐美國家所重視，本研究為因應行政院「生態城市綠建築推動方案」，推廣我國綠建築政策及減少都會區熱島效應，並結合雨水貯集設計減少水資源使用，建立「屋頂綠化結合雨水設計方法」與「屋頂綠化建構維護管理要點」。

目前國內許多主要城市都市化程度顯著，都市中不透水鋪面取代原有透水鋪面，造成都市保水能力降低，遇大雨時常產生洪澇並造成人民財產損失。然而，國內目前大多數都市計畫對雨水的處理觀念，皆以不透水鋪面遮雨及快速將雨水排出建築之方式處理，即所謂的集中「末端處理」(end-of-pipe)的排水觀念，此種處理逕流的觀念使得都市屋頂缺乏保水機能，且易增加排水系統之負擔，因此應重新考量建築屋頂與水循環之關係，可以「現地處理」(on-site)方式，以貯留及滲透之設施為改善策略，重新創造都市水環境。歐美先進國家近來已將都市建設朝向提升生態為基礎之思考方向，試圖重返以生命原理及優美環境來重建「環境共生型都市」，利用屋頂綠化來減少雨水帶來的衝擊(United States Environmental Protection Agency, 2009)。

雖可以藉由屋頂綠化促進基地的透水設計並與現有綠地結合達自然排水的手法，之促進都市水循環能力。然而，屋頂綠化澆灌用水將會增加自來水供水負擔，對於我國常處缺水之狀況為負面影響；因此，由於台灣為多雨的國家，若妥善蒐集再利用雨水做為屋頂綠化之澆灌用水，亦能節省水資源使用。

我國綠建築評估指標系統「EEWH」(Ecology, Energy Saving, Waste Reduction, Health)中，屋頂綠化可在對生物多樣性、綠化量及基地保水等指標提供貢獻(陳瑞玲, 2009)，本所已於 98 及 99 年度「屋頂綠化建構技術」研究中，提出屋頂綠化相關工法建構技術及暴雨控制效益與保水評估(廖朝軒, 2009&2010)；但分析國內目前屋頂綠化設計案例，澆灌水源大部分仍使用自來水，造成水資源負擔；即使結合屋頂綠化及雨水貯集系統，也缺乏容量設計之方法，造成系統過大或過小等未能達到期望之困境。另外，國內屋頂綠化因缺乏維護管理之要點及方法，造成屋頂綠化建造後缺乏後續照顧維護，以上情況屢見不鮮。鑒此，本研究就上述議題，進行相關文獻、法令及維護管理方式蒐集，建立屋頂綠化結合雨水貯集系統規劃方法，並提出屋頂綠化維護管理之方法。

第二節 研究方法與步驟

依據研究工作項目，本計畫研究方法與步驟簡述如后：

壹、蒐集彙整國內外相關屋頂綠化及結合雨水貯集技術等資料，包括：案例、研究報告、技術手冊或規範、計算模式等。

本計畫蒐集國內外與研究主題有關之相關文獻、研究報告、案例、規範及計算模

式等，並探討其使用概況及遭遇問題等，其研究方法可進一步分述如下：

1. 國內外屋頂綠化外相關文獻回顧

- 資料蒐集：針對國內外屋頂綠化研究報告、技術手冊、網站、期刊、規範及圖說等進行資料蒐集等。
- 特性探討：針對蒐集之資料，調查日本、歐美等國外使用相關技術與措施，探討屋頂綠化之(1)屋頂綠化定義、(2)綠化型式、(3)綠化工法、及(4)遭遇問題等，進行探討。

2. 國內外屋頂綠化規劃設計方法及案例蒐集

- 初級資料蒐集：針對國內外屋頂綠化規劃設計手冊、導引、網站、規範、圖說及案例等進行資料蒐集等。
- 特性探討：針對蒐集之資料，探討屋頂綠化之(1)規劃設計方法、(2)規劃設計要點事項、(3)案例分析、及(4)遭遇問題等，進行探討。

3. 國內外屋頂綠化相關法規蒐集

- 資料蒐集：針對國內外屋頂綠化相關法規之開發限制、開發條例、激勵政策、評估指標與實施辦法等進行資料蒐集等。
- 針對蒐集之資料，探討各國對屋頂綠化之規範及獎勵辦法。

4. 國內外屋頂綠化相關維護管理方法蒐集

- 資料蒐集：針對國內外屋頂綠化相關維護管理之管理辦法、管理手冊、注意事項要點及規範等進行資料蒐集等。
- 針對蒐集之資料，探討屋頂綠化養護管理要點，如：澆灌、施肥、病蟲害防治及修剪等。

5. 國內既有屋頂綠化現況調查

- 蒐集相關報告、期刊、網站、拜訪建築師、景觀設計師，蒐集國內已完工或正執行之案例。
- 針對蒐集之案例進行整理分析，整理及探討部分未能達到期望之屋頂綠化，挑選國內合適案例進行現地訪查工作，探討未能達到期望之原因及相關影響因素。必要時以電話、通信的方式進行諮詢及訪談。
- 為提升調查效率及降低人為錯誤，本計畫擬定訂標準作業流程及統一現地調

查表格式，以利現地勘查作業。現地調查作業程序包含：

A.調查前置作業：

- 蒐集資料及設備整理
- 行前規劃與人員編組
- 規劃行程與路徑
- 確認行前資料與設備

B.調查流程：

- 調查範圍擬定
- 執行調查表格所需
- 確認調查作業完整性

C.現地調查資料紀錄

D.調查資料整理

- 特性探討：針對蒐集資料蒐集成果，探討屋頂綠化、維護管理及雨水貯集設施之(1) 規劃型式、(2) 使用成效及(3) 遭遇問題等，進行彙整。

貳、探討屋頂綠化結合雨水利用，推估屋頂綠化澆灌需水量及沖廁用水量，建立多目標雨水貯集容量計算模式。

本計畫依上述之資料蒐集成果，進一步探討綠屋頂結合雨水利用。屋頂綠化因不同植栽、屋頂形式、各地降雨量及降雨型態，澆灌需水量而產生差異。因此本計畫針對屋頂綠化結合雨水貯集系統，探討屋頂綠化雨水貯集系統入流及供給及雨水貯集容量設計視窗化使用者介面等重要關鍵議題。主要工作方式如下：

1. 屋頂綠化雨水貯集系統入流量及供給量

雨水貯集系統容量設計關鍵在於雨水貯集系統之入流量及供給量。雨水貯集系統入流量受到屋頂綠化本身截流、貯流及窪蓄等保水項目減少屋頂逕流，異於傳統雨水貯集系統推估屋頂逕流量。雨水貯集系統供給量為屋頂綠化澆灌用水，澆灌用水受到屋頂氣象因子影響，如：降雨量、蒸發散量、風速、溼度、溫度及太陽日照等，異於傳統雨水貯集系統以建築物沖廁為供水標的，為一非均勻分佈之供水標的且受時間及氣象因子影響。

本計畫探討屋頂綠化系統之入流量，提出屋頂綠化將如何改變屋頂逕流；並探討

屋頂綠化澆灌所需，提供初步的屋頂綠化澆灌需水量計算方法。透過本計畫分析及探討後，有利後續屋頂綠化雨水貯集系統容量設計參考。

2. 雨水貯集系統取水模式及設計方法

除需了解系統入流量及供水量之外，屋頂綠化雨水貯集系統也需設定合適之取水模式，設計者會因不同的取水模式設計，而產生自來水替代水率之差異。本計畫利用取水模式文獻蒐集之方法，結合上述屋頂綠化雨水貯集系統入流量及供給量之參數，建立屋頂綠化結合雨水貯集系統之容量設計方法，藉由此方法可提供設計者在規劃設計之參考。設計流程如圖 1 所示。

3. 雨水貯集容量設計視窗化使用者介面

本計畫建立一套視窗化屋頂綠化結合雨水利用容量設計模式使用者介面，使用者可依設計條件，輸入相關資料及參數，依照操作流程指示，以簡單且人性化的方式計算出所需之容量設計。希冀藉由此方法，在屋頂綠化雨水貯集系統設置前，可先利用視窗化使用者介面進行系統容量設計之探討，提供設計者合理的雨水貯集系統設計容量。

4. 屋頂綠化結合雨水貯集系統案例估算

本計畫利用前述之屋頂綠化結合雨水貯集容量設計之方法及視窗化使用者界面，進行案例之估算。依照該案例所在區域之降雨量與相關氣象因子，並假設該案例之屋頂綠化面積與相關係數，計算雨水貯集系統容量，並進行分析。

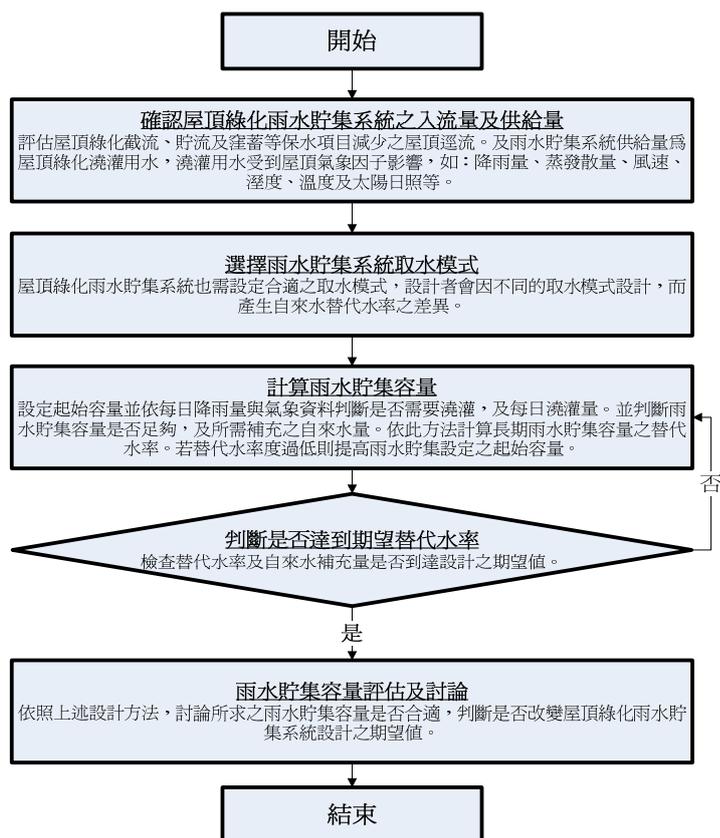


圖 1- 1 雨水貯集系統容量計算流程圖

(資料來源:本研究整理)

貳、彙整國內既有屋頂綠化現況與案例，探討結構載重、植栽選擇、規劃設計及相關技術與實際現況遭遇之問題等，編撰「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」，提供規劃設計參考依據。

本項工作以內政部建築研究所民國九十八年至九十九年間「屋頂綠化建構技術之研究」中初步提出之規劃設計手冊為基礎，結合本計劃執行之屋頂綠化結合雨水貯集及維護管理相關資料蒐集、探討及評估等分析成果后，對手冊進行檢討、修正、補強及擴編。研究方法概述如下：

1. 技術參考手冊架構及內容編撰

手冊架構及內涵說明如下：

- 手冊導覽—包含手冊編撰目的、名詞定義及適用範圍等。
- 都市環境與綠化—包含都市生態環境現況及都市綠化等。
- 屋頂綠化定義與效益—包含屋頂綠化定義、工法種類、效益、國內外現況及法規等。

- 屋頂綠化規劃設計及結構承載要點—包含屋頂綠化規劃設計原則與要點及屋頂綠化結構承載等。
- 屋頂綠化結合雨水貯集系統設計要點—包含系統結合概念呈述、節水澆灌方式及雨水貯集容量設計方法等。
- 屋頂綠化管理維護要點—包含屋頂綠化維護管理原則、植栽養護與管理及周邊設備維護與管理等。

2. 屋頂綠化結合雨水貯集案例模擬估算

- 案例說明—提供國內屋頂綠化結合雨水貯集案例規劃配置介紹。
- 評估方法—提供國內屋頂綠化結合雨水貯集案例之貯集容量建議及評估方式。

3. 召開座談會

為促使手冊更加完善，對於前述手冊架構及內容編撰成果，召開一至兩次座談會，邀請相關專家、學者、實務執行者等進行座談與意見諮詢。

依據工作項目與內容，本研究案之研究步驟概如下圖 2 所示。

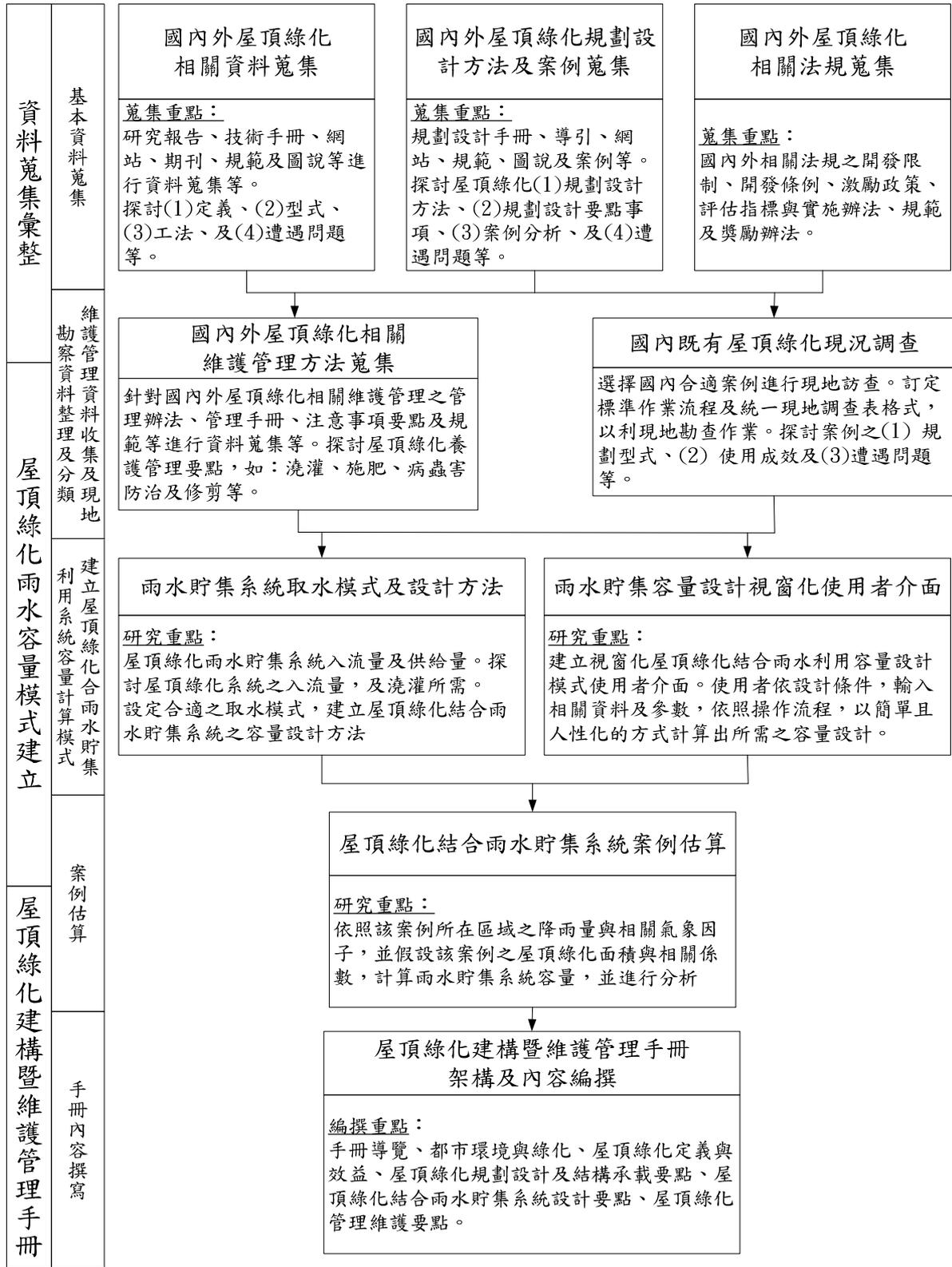


圖 1- 2 研究流程示意圖

(資料來源:本研究整理)

第二章 屋頂綠化蒐集之資料、文獻分析

歐美國家對屋頂綠化已發展多時，而我國則位於剛起步階段。其中，我國在屋頂綠化的定義上未有統一，在屋頂綠化的工法及設計上遇到相關問題；並在屋頂綠化營運時缺乏維護管理之方法。本章針對國內外屋頂綠化相關文獻進行蒐集及回顧，包含：屋頂綠化國內外相關文獻回顧、屋頂綠化規劃設計方法及國內外案例收集、屋頂綠化國內外相關法規收集、屋頂綠化國內外相關維護管理方法收集及屋頂綠化雨水貯集利用系統文獻回顧。

第一節 屋頂綠化國內外相關文獻回顧

國內外的屋頂綠化各不相同，在定義和類型上也有其不同的分別，本節會將各國的做法比較並分析。

壹、國外屋頂綠化定義

一、日本屋頂綠化定義

日本屋頂綠化定義如表 2-1 所示。

表 2- 1 日本屋頂綠化之定義

	平面綠化	立體綠化	生活小區綠化
定義	利用草坪、佛甲草、藤蔓性植物與各種雜草等草本類植物，綠化方向與高度固定之綠化方式。	綠化是平面配置草本類加上灌木、喬木等木本類的綠化方法	綠化以立體綠化為主，加上小河、水池與透水性環境等水邊環境，及考慮到可吸引多樣性生物之綠化方法

(資料來源:本研究整理)

二、德國屋頂綠化定義

德國屋頂綠化定義如表 2-2 所示。

表 2- 2 德國屋頂綠化之定義

	精緻綠化	簡單精緻化	粗放綠化
定義	精緻綠化所有植物均可選擇，綠化可與人工造景、園路、座椅、涼亭、水池、橋和假山等園林小品做結合，進行環境綠美化。	簡單綠化於精緻綠化與粗放綠化之間之綠化形式，種植植物包括開花植物、草本植物、矮喬木與灌木等。	粗放綠化皆可用於平屋頂與斜屋頂上，種植植物以景天科、苔蘚與草本植物為主，適用於開敞型與密集型屋頂綠化。

(資料來源:本研究整理)

三、 中國大陸屋頂綠化定義

中國大陸上海市及北京市之屋頂綠化定義如表 2-3 及 2-4 所示。

表 2- 3 上海市屋頂綠化之定義

屋頂綠化分類	花園式綠化	組合式綠化	草坪式綠化
定義	根據建築物屋面載重，選擇小型喬木、灌木、地被植物等材料進行屋頂綠化方式。常設置園路、座椅、涼亭、水池、橋和假山等園林小品工人們休憩、遊覽。	根據建築屋面承載，在屋頂承重處進行綠地配置並利用容器苗擺放的屋頂綠化方式。	根據建築屋面荷重利用地被植物或爬藤植物，進行屋面覆蓋或利用棚架綠化。

(資料來源:王仙民，2007)

表 2- 4 北京市屋頂綠化之定義

	花園式綠化	簡單式綠化
定義	根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木和草坪、地被植物進行屋頂綠化植物配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜綠化。	利用低矮灌木和草坪、地被植物進行屋頂綠化，不設置園林小品等設施，一般不允許非維修人員活動的簡單綠化。

(資料來源：王仙民，2007)

貳、國外屋頂綠化定義

屋頂綠化相關定義亦有所限，以下針對國內相關的定義予以說明。

表 2- 5 國內屋頂綠化之定義(1)

石婉瑜，2004	
名稱與定義	屋頂綠化：在傳統的屋頂結構上，鋪設額外的生長介質來種植植物，創造出綠空間，簡而言之；就是在屋頂上進行綠化。
分類	定義
精緻綠化	需要較大土壤厚度的「屋頂花園」(roof gardens)，其上可以種植喬木、灌木以及設置其他景觀設施。
簡易綠化	在整個屋頂上鋪設淺薄的生長介質，並種植低矮的地被植物，如青苔、多肉植物、草本植物、各種當地的草種等。

(資料來源：本研究整理)

表 2- 6 國內屋頂綠化之定義(2)

錫瑠基金會	
名稱與定義	
綠屋頂：廣義為將建築物的屋頂由人工的方式整建植栽的基礎後，進行綠化的工作。狹義為在功能上強調節能、省工的「薄層式屋頂」。	
分類	定義
庭園型	庭園為出發，使用各種植物豐富觀並配置花架等設施形成完整園景。
盆栽型	使用各種盆器種植植物，依容器造型尺寸設計排列，形成之景致。
薄層型	屋頂上種植綠化淺薄的人工混和介質，並種植強韌、低矮、具自生性的地被植物，以適應燥熱、乾旱、強風、強光、積水等。

(資料來源:本研究整理)

參、屋頂綠化類型

依據內政部建築研究所報告在 99 年所提出的屋頂綠化建構研究計畫中，將台灣屋頂綠化的設計、施工方法、使用材料和維護管理方法可分為三種：庭園型、盆栽組合型及薄層型屋頂綠化，分類說明如下：

一、 庭園型屋頂綠化：

根據屋頂具體條件，選擇小型喬木、低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化配置，設置園路、座椅和園林小品等，提供一定的遊覽和休憩活動空間的複雜變化。使用各種植物以豐富景觀層次，並配置花架、花台、水池、步道等設施，形成完整的園景，且介質體積較大，根部較不受限制。

二、 盆栽組合型綠化：

根據建築物屋頂載重，在屋頂重承重進行綠地配置並利用容器苗擺放的屋頂綠化方式，並使用各種盆器種植植物，可以依照季節變化來選擇適合當季的植物，盆器具可移動性，可視植物生長狀況調整擺放位置，但因為植物種植在盆栽內，植物生長根系會受侷限。

三、 薄層型屋頂綠化：

所謂的種植薄層型綠屋頂綠化是種植植物為主，如低矮灌木、草坪與地被植物進行屋頂綠化，不設置園林小品等設施，一般不允許非維修人員活動的簡單綠化。而薄

層式綠屋頂可以降低屋頂的載重，覆土的厚度大約 10 公分左右，可以大幅度的增加綠化屋頂空間，有點像是草皮式的庭院搬到屋頂上的感覺。

基本上，整個綠屋頂系統需包含「結構層」(包含：屋頂結構層、隔熱層、防水層、防根層、蓄/排水層、保護層、過濾層)、「介質層」和「植栽層」。構件分層主要說明如下：

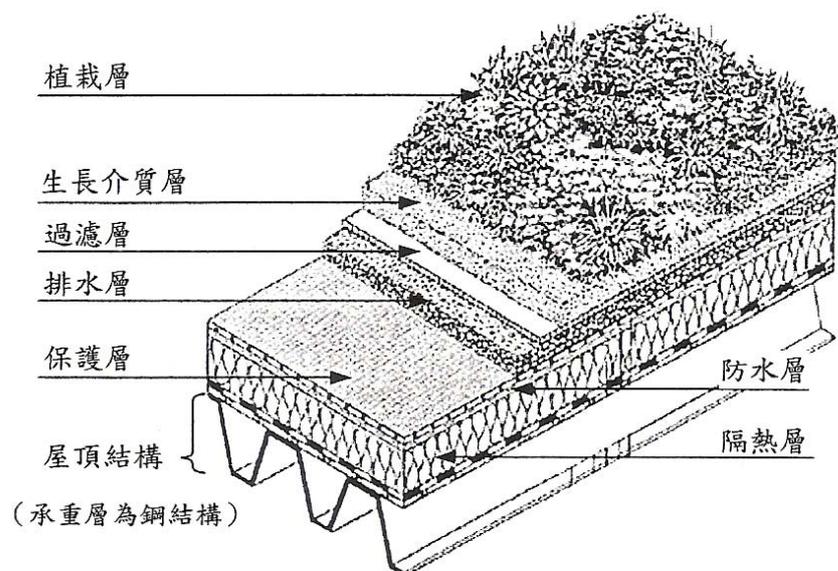


圖2-1 綠屋頂底層結構

(資料來源：石婉瑜，2004)

肆、屋頂綠化分層介紹

以下分別對屋頂綠化之隔熱層、防水層、防根層、蓄/排水層、過濾層、介質層和植栽層進行。

一、 隔熱層

屋頂綠化隔熱層通常直接鋪設於屋頂之上，可以緩和溫度變化，減少建築結構受到物理傷害。表面具有波浪紋的聚苯乙烯板、泡沫玻璃等因為不會蓄積水分，降低根部穿透的危險，如下圖所示。

二、 防水層

使用不透水材料，通常有三種主要型態、單層膜、流質應用膜。組合屋頂一般使用瀝青或柏油混和沾滿不織布料覆蓋於屋頂，但易受溫度與紫外線而劣變；單層膜使用無機塑膠或橡膠合成物一片片接合，接合處重疊用熱融合，許多熱塑性材料如

PVC、丁基橡膠、EPDM 皆可，如下圖所示。

三、 防根層

防根層主要是為防止植物根系與防水層直接接觸，造成防水層被根酸腐蝕或竄伸而破壞防水效果，降低屋頂漏水危險，一般均需在防水層上方做設計。

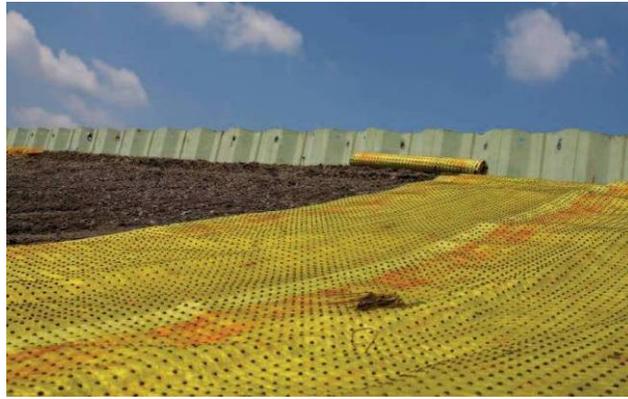


圖 2- 1 屋頂綠化防根層

(資料來源：本研究整理)

四、 保護層

保護層通常為一種非編織的織物，介於蓄/排水層和防水層之間，具備三種功能：第一，防止植物的根與防水層直接接觸，造成防水層被根酸侵蝕而破壞防水效果；第二，避免防水層因負載蓄/排水層有稜角的原料而受損；第三，往後屋頂需要維修時，可以達到防止因機械維修所造成的損害。

五、 蓄/排水層

蓄/排水層主要目的是盡快排走過多水分，以防止水分長期飽和，且排水層有助於底層透氣。排保水板具有排水及保水之功能，並能減輕結構體之荷重；且因其與防水層接觸之底面積大，不會因容土或植栽之荷重，重量集中於排保水板之狹小範圍而傷害防水層，每平方公尺可保有 8.9 公升之水量。

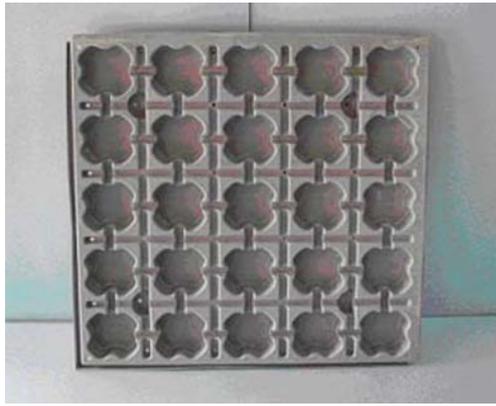


圖 2- 2 屋頂綠化排保水版

(資料來源：台灣南海股份有限公司)

六、 過濾層

過濾層主要功能為濾除被水沖走的泥沙，還有防止排水管泥沙淤積的功能，主要的目的是將小顆粒、腐植質和有機物留在上方，使其可作為植栽的養分。不織布是一種很常用於過濾層的材質，因為適用於保護土壤，強韌耐壓不損破且具防止沙土流失、水土保持滲水性良好、不阻塞、耐磨性強和水土保持滲水性良好等功能，相當適用於花園濾層、保護及平面排水、不透水布保護層。



圖 2- 3 屋頂綠化過濾層

(資料來源：信織實業股份有限公司)

七、 介質層

介質層是屋頂綠化成敗之關鍵，若介質層太薄則導致植物在盛夏時缺少水分，若介質層過厚則導致結構載重問題。目前國內屋頂綠化常使用輕質土壤，其特性為排水通氣良好，且具保持水份涵養能力，提供植物良好的穩定性。以下為目前國內常用於屋頂綠化之介質：

名稱：珍珠岩

成分：珍珠岩包括珍珠岩礦，黑曜岩和松脂岩。

特點：利用珍珠岩的多孔特性，珍珠岩的這一特性，利於農作物的根系深入到珍珠岩基質內部吸取養分，珍珠岩孔隙可保存大量的水分，營養成分，長時間的供給作物的生長需要。



圖 2- 4 屋頂綠化介質-珍珠岩

(資料來源：本研究整理)

名稱：蛭石

成分：含水鐵鎂矽酸鹽類礦物，系由雲母礦物熱液蝕變或風化作用形成的再生礦物。

特點：膨脹蛭石具有良好的阻燃、隔音、隔熱、防火、多孔、質輕、熔點高的性能。可提高砂漿流動性，可以填充任何形狀凹空，廣泛應用於牆體內外保溫砂漿、裝飾板、保溫板的輕質骨料使用。

名稱：陶粒

成分：廢棄的水庫淤泥

特點：輕質、保水、透氣、乾淨、無毒、無菌、無蟲害、性質穩定、不腐爛、可重覆使用。



圖 2- 5 屋頂綠化介質-陶粒

(資料來源：本研究整理)

八、 植栽層

於植栽層選擇適合種植的地點和植栽的種類是必要的，因此，需事先評估地理狀況與氣候因素，並依照介質層的深度決定植栽的種類。而適合粗放型綠屋頂的植物多是能生長在嚴峻的環境下，且有能適應薄介質層的種類；例如生長在縫隙、岩石、乾草地、草原以及一些能在極端氣候生長的地被植物，因為能克服一些不良的環境而成為極佳的選擇。密集型的綠屋頂會因為介質的深度和屋頂的環境不同，能選擇的植物種類又更加的多元。

第二節 屋頂綠化規劃設計方法及遭遇問題

本節針對國內外屋頂綠化相關規劃設計方法進行文獻收集，並整理屋頂綠化相關規劃設計原則、步驟及要點；並列出屋頂綠化常遭遇之問題。

壹、規劃設計原則、步驟及要點

本研究蒐集國內外屋頂綠化規劃設計手冊、導引、網站、規範、圖說及案例等。針對蒐集之資料，探討屋頂綠化分別針對設計之原則、設計之步驟及要點進行探討。

一、 屋頂綠化設計原則

屋頂綠化在都市中具備改善都市環境、隔熱降溫、保水及舒緩人心壓力等多重功效。在建立屋頂綠化時，可參考遵照園林設計的三個原則「適用性、經濟性、美觀性」，並在不同環境情況而有所變化。

屋頂綠化於設計規劃時，應根據使用者的使用要求、屋頂綠化使用之目標功能、

欲達到之景觀特色及經濟和安全等多方面的考量；以安全為前提、生態環境改善為基礎，並以屋頂綠化功能性能為目的，進行符合經濟的設計。

(一) 安全性原則

屋頂綠化首要原則為安全。安全性原則包含建築物結構載重、屋頂防水、屋頂女兒牆高度與穩定度及植栽穩定度。屋頂綠化需符合建築規範之承載重量，考慮植栽抗風及使用者的安全。

1. 結構承載

屋頂綠化結構之法規通常條列於建築法規之下，目的在於確保施行屋頂綠化時所增加之附加載重，不成為危害原有建築物之因素，避免產生使用上之不便、或是結構上之破壞。表 2-7 至 2-10 整理附上所收集之部分國外相關法規。

表 2- 7 建築物屋頂承載相關法規(1)

日本
建築改修工事監理指針 第九章第六節 「屋上綠化改修工事」之中，對於各綠化類型之容許載重有其清楚之對應要點
綠色基本計劃 國土交通省規定之「綠化重點區域」內，所整備之符合規定條件的綠化設施，採固定資產稅 5 年減輕二分之一的措施。
東京保護與恢復自然條例 以佔地面積 1000m ² 以上之民間設施及 250m ² 以上之公共設施為對象，規定在新建時佔地與樓頂面積必須有 2 成以上的綠化。
涉谷區綠化確保相關條例 建地面積 300m ² 以上之新興建築須遞交綠化計畫書並完成綠化義務。 為使民眾對屋頂綠化之施工安心，可免費申請相關專家進行會談乙次。

(資料來源:本研究整理)

表 2- 8 建築物屋頂承載相關法規(2)

德國
屋頂綠化建築規劃指導方針 明確規定屋頂綠化相關事宜，規定建商必須通過屋頂綠化方式償還一定面積之綠化。 市政排污系統連結部分要按照雨水排放面積的總面積來收取費用。

(資料來源:本研究整理)

表 2- 9 建築物屋頂承載相關法規(3)

加拿大-維多利亞市
對於新建建築與現存建築實施屋頂綠化，並建立獎勵機制，成功案例為港濱新型態綠社區，以屋頂綠化結合雨水貯集系統，實現環保永續生活。

(資料來源:本研究整理)

表 2- 10 建築物屋頂承載相關法規(4)

中國大陸—北京市屋頂綠化規範	
第 4.2 條	(屋頂承重安全)屋頂綠化應預先全面調查建築的相關指標和技術資料，根據屋頂的承重，準確核算各項施工材料的重量和一次容納遊人的數量。
第 4.3 條	(屋頂防護安全)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。為防止高空物體墜落和保證遊人安全，還應在屋頂周邊設置高度在 80cm 以上的防護圍欄。同時要注重植物和設施的固定安全。
第 5.1.2 條	現狀建築根據允許荷載和防水具體情況，可考慮進行花園式屋頂綠化。
第 5.1.3 條	建築靜荷載應 大於等於 $250\text{kg} /\text{m}^2$ 。喬木、園亭、花架、山石等較重的物體應設計在建築承重牆、柱、樑的位置。
第 5.2.1 條	建築受屋面本身荷載或其他因素的限制，不能進行花園式屋頂綠化時，可進行簡單式屋頂綠化。
第 5.2.2	建築靜荷載應 大於等於 $100\text{kg} /\text{m}^2$

(資料來源:本研究整理)

現行法規中以最新《建築技術規則》構造篇第十七條規定屋頂露台之構造，其活載重得較室內每平方公尺減少 50 公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於 300 公斤。而《建築技術規則》總則篇第三條之一則明確訂定，建築物之增建、改建或變更改用途時，其設計、施工、構造及設備之檢討項目及標準，由中央主管機關另定之，然屋頂及中庭等人工地盤之綠美化工程或是設置各項設施物等附加載重係歸屬為雜項工程。此類型法規目的在於確保建築物之安全，避免所有權人任意擴建或於其上隨意興建施做各項設施，使新添加之附加載重破壞原建築之結構。

《建築技術規則》建築構造篇第三節第十七條訂定最低活載重，因樓地版之用途

而不同，不得小於規範之規定；不在下表列之樓地板用途或使用情形與表列不同，應按實計算，並須詳列於結構計算書中，如表 2-11 所示：

表 2- 11 《建築技術規則》樓地板用途與載重

樓地板用途類別	載重 (公斤/平方公尺)	
一、住宅、旅館客房、病房。	二〇〇	
二、教室。	二五〇	
三、辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	三〇〇	
四、博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院歌廳與演藝場等。	四〇〇	
五、百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看臺、操練場、工作場、車庫、臨街看臺、太平樓梯與公共走廊。	五〇〇	
六、倉庫、書庫	六〇〇	
七、走廊、樓梯之活載重應與室載重相同，但供公眾使用人數眾多者如教室、集會堂等之公共走廊、樓梯每平方公尺不得少於四〇〇公斤。		
八、屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少五〇公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		
九、不做用途之平屋頂	載重面積 20 平方公尺以下	一〇〇
	載重面積 20-60 平方公尺	八〇
	載重面積 60 平方公尺以上	六〇
十、屋頂花園之活載重每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		

(資料來源:建築技術規則，2008)

屋頂綠化的工程中，對於地被植物、草坪以及花卉等低矮觀賞植物之選擇，可按照與地面花園之標準進行選擇；而在木本植物之選取，由於生長週期較長，相較之下需對屋頂環境具有較大之適應性，所以在栽種過程中，除了使用者之喜好之外，必須

考量植物本身之高度、重量及對建築載重之影響。依綠化方式的不同，所需允許載重亦不相同。

根據內政部建築研究所民國九十九年之《屋頂綠化建構技術之研究》中屋頂綠化結構載重評估方法，提供使用者做為是否施作屋頂綠化之參考，記分結果即為初步評估結果，若結果顯示強行施工有產生危險之疑慮，則須停止屋頂綠化工程，或依實際狀況進行結構補強，再行施工。

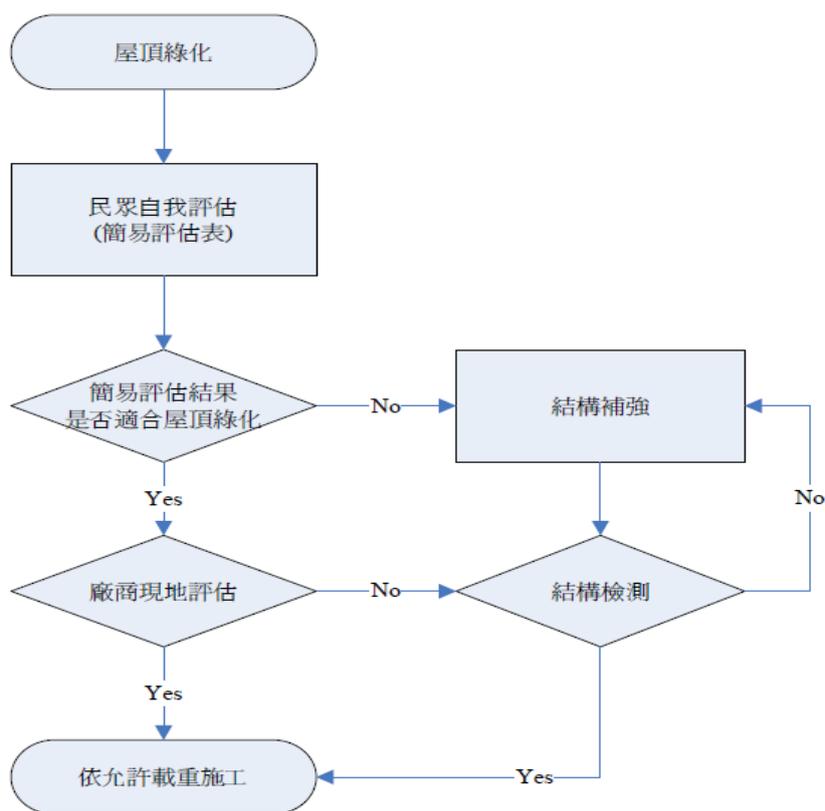


圖 2- 6 屋頂綠化承載檢測流程

(資料來源:屋頂綠化建構技術之研究，2010)

易評估方法以記分方式進行評估，做為是否施工之依據。評估表內容如表 2-13 所示，內容可分為簡易施工檢測及使用性能評估，各項目依重要性配分之總和為 100 分，依據評估內容及權重分配予以計分，即可得施工前評分總計。

利用此方法所得之計分，若小於或等於 20 分，表示該建築物不需進行補強，可請廠商至現場做進一步作業；若大於 20 分，則建議對結構做進一步評估，並進行構件維護及結構補強，降低潛在危險之後再行施工。

2. 屋頂防水

確保屋頂不漏水為屋頂綠化重要的關鍵問題。屋頂綠化排水系統設計除需要設計符合需求外，亦需要設法防止植栽枝葉及介質進入排水管造成堵塞。並且，屋頂綠化防水層施工品質是防止漏水的關鍵。因此除須確保防水層施工確實，亦要在防水層施工完畢後進行試水測試。屋頂綠化在挑選植栽時，因避免強穿透性根系及介質具腐蝕枝液。

3. 防風

為確保屋頂綠化在防風的安全性，各類較大型的設施，可進行防風風力計算及測試。對於屋頂綠化若具有較大的灌木、喬木，則需考慮防風及固定。一般常見的固定方式有：植栽根部下方埋設塑膠網擴大根系抓地力，並可固定植栽於其上；另外也可利用支撐架或重石固定植栽。

4. 使用者安全

顧及屋頂綠化使用者安全，屋頂綠化應有安全的通道及穩固的女兒牆，並同時注意女兒牆的高度。

表 2- 12 簡易評估表

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

(資料來源:本研究整理及屋頂綠化建構技術之研究，2010)

(二) 功能性原則

屋頂綠化具許多功能，如：改善生態環境、遊憩、教育及降溫等功能，屋頂綠化需針對使用者之需求，設計具該功能之屋頂綠化。

1. 改善生態環境

屋頂環境與地面環境迥異，屋頂有較強的日照、溫度較高、蒸發散旺盛、強風及其他極端的環境。屋頂綠化可改善屋頂的微氣候，並可改善城市中的生態環境。設計者可針對欲改善之生態環境進行設計，如欲改善空氣品質則可選用具淨化空氣之植栽；若欲減緩降雨逕流，則在設計時仔細考慮介質厚度及其保水能力；若考慮週遭生態系平衡，則可選用適地性植栽與本土植栽，亦可考慮可吸引附近鳥類之植栽。

2. 遊憩需求

屋頂綠化與地面綠化在遊憩上的差別為：屋頂綠化有較高機會為私密性或半私密性，因此有其固定的使用對象，使用量也較低。因此，設計者可依照使用者的使用需求、使用習慣與模式進行功能性的設計，並注重使用者的舒適性、設計合理性及方便性，令使用者於遊憩中亦可與自然接觸。

3. 其他

目前我國屋頂綠化常於國小進行施作，除可降低下方樓層教室之溫度外，亦可有生態教育之意義。

許多屋頂綠化建設於醫院及療養院等，服務對象為老年人或行動不便之患者，模擬自然環境情況使人們心中感受悠閒及恢復心理與身理之健康，因此需考慮相關無障礙設施及安全性，並選用淨化空氣、調節氣溫之植栽。

(三) 美觀性原則

屋頂綠化與地面綠化設置條件差異為其場地較小，環境受建築物平面的限制。構成屋頂綠化視覺上的美感，須掌握以下景觀設計的原則。

1. 協調與變化

屋頂綠化景觀美化需考慮整體的的協調性與變化性，若使用單一物種植栽則缺乏了生物多樣性及整體感官的變化，若設計者欲設計相同色系之屋頂綠化可利用相似色系之不同物種進行設計。相似的色調可以給人溫和、統一的感覺，但若使用過多則銑的單調。設計者可利用植栽的形狀、色彩及外觀質感等要素進行設計，或將使用者的認同與情緒融入景觀之中，亦可利用木頭、石子與水體營造多元豐富的景觀。

2. 均衡比例

設計者需考慮整體與部份之間的均衡比例，亦可對稱及不對稱之設計。對稱設計為簡單及靜態的，對稱手法有整齊、單純、寧靜的特點，但過分強調對稱性則會有失活潑，給人呆版、壓抑或刻意營造之感覺。不對稱之設計具有律動感，給人活潑、自由及多變的感受。

屋頂綠化在整體構圖比例中，需考慮屋頂綠化構建中的比例關係，例如：基地面積、植栽數目及大小、人體高度，不同比例大小皆會影響整體設計情感。

(四) 經濟性原則

屋頂綠化因造價較高，設計時應仔細考慮資金，為業主考量，將資金投入最適合之材料，並達到對環境改善之功能，有最低的生命週期成本之屋頂綠化。

在建造屋頂綠化時，應避免景觀施工時對建築物結構造成損害；另外，施工工法及材料應選用較環保或本地素材，降低對環境之衝擊。屋頂綠化可設計使用中水及雨水進行澆灌，降低澆灌需水所需費用。同時，考量屋頂綠化營運時之維護管理成本，以零維護管理或低維護管理為目標，並制定管理政策及確認負責人員。

二、 屋頂綠化設計步驟

屋頂綠化設計步驟可分為設計前階段、設計階段及細部設計，如下圖所示。以下針對各設計步驟分項說明。

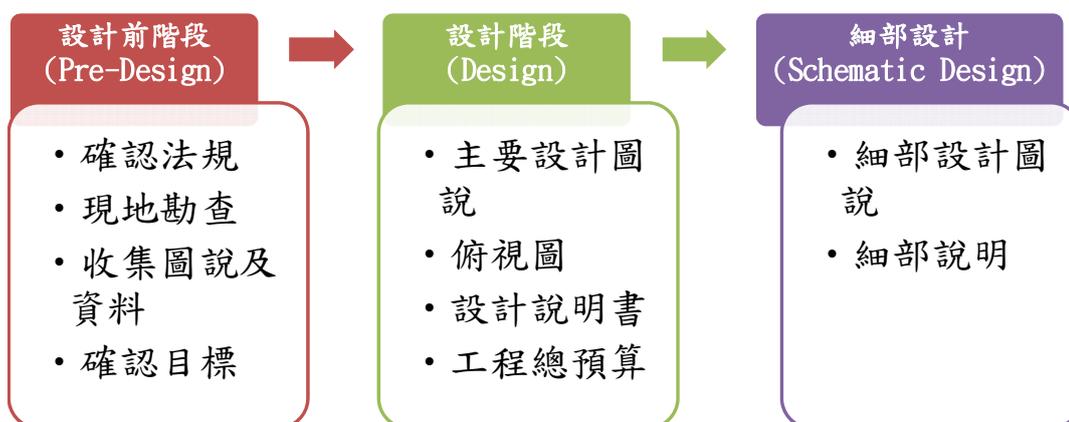


圖 2- 7 屋頂綠化設計步驟

(資料來源:本研究整理)

1. 設計前階段(Pre-Design)

■ 確認法規

- 確認結構載重法規。
- 確認中央及地方政府增改建法規。
- 確認公共區域無障礙設施法規。
- 確認施工環境保護相關法規。
- 確認中央及地方政府澆灌用水規定。

■ 現地勘查

- 掌握屋頂結構承載資料。確認樑柱位置。
- 了解屋頂防水及排水情況。確認排水管線暢通及排水路線；確認防水層及漏水情況。
- 掌握都市對綠地總體規劃與屋頂綠化考量，及對屋頂綠化設計之要求。
- 觀察屋頂週遭景觀、建築形式及自然景色，了解該建築物使用及附近居民類型及社會結構。
- 掌握該地區氣象資料。如：降雨量、日照條件、最高溫、最低溫、平均溫度、風向及風速、溼度等相關條件。
- 初步討論施工可行性。

■ 收集圖說及資料

- 建築物屋頂平面圖。
- 局部放大圖
- 需保留之水塔及機械設備項目、位置、尺寸及注意事項。
- 屋頂管線圖。包含自來水、雨水、污水、消防用水、電信、電力等管線位置、管徑及注意事項。

■ 確認目標

- 屋頂綠化設計目標訂位。
- 與週遭環境與本地氣候的呼應。
- 屋頂綠化是否為開放公共空間。
- 屋頂綠化整體設計風格與景觀設計要求。
- 屋頂綠化項目，如：假山、流水與地形改變等要求。
- 施工期限與施工限制時間。

- 施工總預算估計。

2. 設計階段(Design)

■ 主要設計圖

- 現況分析圖。建築物結構現況及分布、屋頂綠化使用目標、維護管理方式及大致屋頂綠化預想位置圖。
- 分區圖設計圖。根據不同年齡、不同興趣、不同性能要求，規劃出不同空間區域。
- 整體設計方案。根據設計目標規劃屋頂綠化，整體設計方案包含：屋頂綠化範圍、出入口位置、形式規劃、景觀情況、植物及景觀設計圖。
- 地形設計圖。根據總體規劃設計方案，若屋頂綠化設計具有微地形雨水體，根據其形體描述其至高點、起伏與坡度走向、排水口位置、水體最高水位、常規水位、最低水位及排水口位置。
- 用水管線設計圖。根據總體規劃設計方案，考量屋頂綠化澆灌用水引進方式、用水總量、管線分布情況及水壓高低等；考慮雨水、污水水量及排放方式、管線分布情形、管徑大小。安裝各用水區追蹤用水之水表。
- 用電管線設計圖。根據總體規劃設計方案，解決屋頂綠化用電，考慮分區供電設施、配電方式、各區照明及追蹤用電量之電表。

■ 俯視圖

- 使設計者更直觀的表達屋頂綠化設計。
- 可於各尺度展示分區及設計。。

■ 設計說明書

- 除總體設計圖書外，提供一份文字說明，詳細敘述設計者的構思及設計要點。
- 設計說明書涵蓋：位置、現況、面積、工程性質、設計原則、分區說明、設計主要內容、用水與用電管線及維護管理方式。
- 與週遭環境與本地氣候的呼應。

■ 工程總預算

- 在規劃設計階段時，可依照施工面積，根據工程內容及經驗，按照工程項目、工程量及工時估算，每單位面積屋頂綠化所需建設費用及日

後維護管理費用。

3. 細部設計階段(Schematic Design)

■ 細部設計圖說

- 提供不同分區及項目詳細說明。清楚及正確描繪各項目之尺寸及位置。
- 詳細橫剖面及縱剖面圖。
- 詳細植栽設計圖。包含其數字與文字標註、植栽內容與格式描述。

三、 屋頂綠化設計要點

為防止屋頂綠化設計施工過程中出現問題，甚至設置屋頂綠化失敗，以下依據屋頂綠化重要設計要點與常見的缺失進行分項說明。

1. 保護防水層免於破壞

施做屋頂綠化前將進行屋頂防水工程施做，但缺乏屋頂綠化工程經驗之工人可能於砌磚、剷土工作中，不小心劃破了屋頂防水層造成房屋漏水。

具有屋頂綠化施工者為數不多，對於許多基層園藝施工師傅來說，更是不懂防水層的重要性，為了避免這類的失敗發生，應採取嚴格的施工管理機制，並設置防護機制，如：於屋頂綠化鋪設介質層時，設法增加緩衝，保護防水層免於介質倒入時直接的衝擊；並於施工期間免於日照紫外線的破壞，防止防水層裂化。

2. 確認排水管路暢通

防止排水管路阻塞的方式，常見的有：排水孔鐵閘、粗沙或石礫於排水口周圍；利用此方法須考慮管內仍會有未預想到之阻塞問題，因此仍須設置檢查孔，易於隨時查看排水管路情況。

屋頂綠化於設置時，應與牆面或房屋內部之邊緣有一定距離，可防止地表逕流流入室內、土石或植栽帶入室內及植物竄根於牆面，並且避免斜向的降雨順著高樓層的壁面將介質沖刷殆盡。其保持之距離亦可留用為排水空間溝渠，可確保於短暫暴雨時順利排除逕流。圖 2-8(a)(b)分別表示與建築物邊緣保持距離之正確屋頂綠化手法，(c)則為未保持距離之錯誤屋頂綠化手法。



(a)正確排水

(b)正確排水

(c)錯誤排水

圖 2- 8 屋頂綠化設計步驟

(資料來源:本研究整理)

3. 選擇正確合適生長介質

屋頂綠化景觀未對植栽生長有嚴格要求，並沒有要求植栽生長速度，也未能對於介質進行翻動。然而，屋頂綠化植栽仍須仰賴介質中有機質，使其能夠正常生長；卻在一段時間過後，有機質被吸收及土壤流失，造成介質沉降及養分不足。因此，屋頂綠化雖然使用孔係率較大及輕質介質，仍需仔細考量其介質沉降及介質含養量之問題。

4. 選擇正確合適植栽

屋頂綠化應選用生長緩慢之植栽，切勿栽種生長快速之喬木、灌木。並且，必須避免栽種枝幹枝葉面積受風面大的樹種，及超過建築物載重之樹種。在栽種初期，及考量該植栽物種的生長速度、生長潛力及其所需之養分。屋頂綠化選用植栽時，應詢問相關植物及景觀專業人士尋求意見。

5. 維護管理

屋頂綠化初期設置時，需告知業主或使用者其所需之管理經費，如：景觀修剪、澆灌用水、施肥、農藥及清潔維護等，並說明業主責任與未適當維護管理所衍生出之問題。

應引導業主或使用者建立屋頂綠化維護管理政策，建立該屋頂綠化景觀修剪、澆

灌用水、施肥、農藥及清潔維護等施作頻率、花費預算、負責人員及稽核人員等相關管理措施。

貳、屋頂綠化遭遇問題

屋頂綠化在目前推廣的過程中主要存在著技術、政策和認知等問題，而這些方面都是屋頂綠化需更進一步的方向。以下分別針對普遍屋頂綠化常遭遇之問題進行介紹：

一、 建築物的裂縫及屋齡

屋子裂縫的數量與屋齡對整棟建築物有很大的影響，建材材料時間久了一定會到一定的壽命並開始老化，這是無法避免的。因此，要選擇屋子施工要先注意建築物的情況，並且做好維護的工作以及持續追蹤有無裂縫的發生，屋頂裂縫越多表示建築物的承載力可能不夠，無法承受屋頂的力量，因此在施作屋頂綠化前可先了解其裂縫數量與屋齡，從而先了解屋頂之情況。若裂縫已經大到建築物無法承載屋頂的重量而無法施作，則必須先加強屋子的承載力並且想辦法修補裂縫，若裂縫已經無法全部修復，最好將屋頂整個重新翻修並加強防水層的部分，防止日後施作屋頂綠化因漏水發生的問題。

二、 政策制定

目前我國相關的律法仍在起步中，因此並沒有明確指示屋頂綠化是否屬於公共綠地，同時，也未有規定屋頂綠化的所有權問題，這樣造成了無法可依。再加上屋頂綠化的技術實施指標目前沒有統一的法律以及政策，造成實施技術的不方便性，同時，在屋頂綠化方面也沒有相應的推動方法，給屋頂綠化的推廣帶來一定的影響。

國內目前從事屋頂綠化的公司也不算少，但是由於屋頂綠化涉及到多個行業來執行，造成難以形成一個統一的行業標準，而且不同的城市所實施的規範標準也不太一致，以至於各地的標準不同，用的規範不同所以做的好壞程度自然有差異，雖然規範還沒達到完全統一，但是各都市還是已經在積極的推動且實行。

三、 維護管理

屋頂的環境具有特殊性，選擇的植物也會受到一定的限制，季節的不同所使用的

植物也不同，再加上由於環境問題，綠化植物的養護實施也受到一些限制，雖然屋頂綠化植物一般選擇適應性強、耐旱耐寒、防風以及能粗放管理的種類，但由於環境的影響，經常出現苗長勢不好或是死亡的情況。除了環境影響，人為的管理也很重要，後期管理維護需要大量的人力、物力，一般澆灌系統能定時的噴灑，但會有一些死角的部分需要用人力噴灑，而往往就是會有不夠重視而忽略這部分的情況，或是不在乎而沒做定期的修剪，這些都容易造成植物死亡，導致屋頂綠化的後期管理不理想，起不到屋頂綠化的效果。

四、 社會推廣

民眾會擔心屋頂的承重與建築安全問題，現在進行屋頂綠化的主要是企業大樓或是公家機關，很少住宅大樓考慮屋頂綠化，這是因為對於企業使用建築來說，屋頂綠化管理以及收益都歸企業所有，但是對於居民來說，沒有資金投入，要做維護就會將管理費提升，加上許多住戶的態度都是負責管理的都不會是自己，自然不會花太多心思在維護屋頂綠化，業主自己又不願掏錢從事屋頂綠化，所以業主所持的心態基本上是多一事，不如少一事，再加上住在頂層的人更擔心屋頂漏水等問題也不願意進行屋頂綠化。由於對屋頂綠化的認識不足，造成屋頂綠化對於普通居民要用建築來說更加困難。

第三節 屋頂綠化國內外相關法規收集

屋頂綠化在國外施作已久，如德國、美國及日本等，目的都是為了改善居住環境及提供親近生態的大環境，因此各國早已積極推廣屋頂綠化。除了推廣也已經有實際的在運行，推動情況也有相當完整之配套措施，法規與獎勵互相配合，成效也相當顯著，其國內外的相關法規如下所示。

壹、國外法規整理

在國外已有許多國家在屋頂綠化有相當完善之獎勵辦法與法規，但在台灣尚無完整的屋頂綠化相關獎勵辦法與法令措施；本節會整理出各國的法規與獎勵，並且可將一些法規辦法做為台灣的參考，以下為各國法規與獎勵辦法的具體內容：

中國大陸：

- 上海市綠化管理局 2002 年 11 月發布「組織編制屋頂綠化三年實施計劃通知」。
- 廣東省於 2000 年發布「關於我省城市屋頂美化和防護網、空調器及室外管道規範裝設的意見」，提出各式可參照深圳市做法，結合本地實際，提出建築屋頂美化綠化的措施。
- 四川省已於 1994 年頒布地方標準「蓄水覆土種植屋面工程技術規範」。
- 成都市五城區內新開發建築，凡是 12 層樓以下，40 公尺以下的中高層和多層、低層平屋頂建築須按要求實施屋頂綠化。
- 北京市 2011 年頒布的「首都綠化美化花園式單位評選標準」中，將「屋頂鋪綠」作為倡導的單位庭院綠化新形式，屋頂綠化面積可以按照 20%的比例折算，計算單位庭院綠化的綠地率。
- 杭州市於 2007 年建委、市綠化委員會、杭州市園林局等單位發佈了屋頂綠化發展的政策，要求所有新建築都必須進行屋頂綠化。

日本：

- 提供低息貸款給修建屋頂花園的業主，建築面積在 2000 平方公尺以上、屋頂花園面積占總面積 40%以上時，可以得到修建屋頂花園所需資金的低息貸款。
- 新建築面積占地超過 1000 平方公尺屋頂 1/5 必須覆蓋綠色植物。
- 東京都政府規定綠化義務為佔地 1000 平方公尺以上新建築物，須強制性進行 20%的屋頂綠化，否則將處以 20 萬日元的罰款。
- 東京中央區內建築在屋頂陽台實施綠化 1 平方公尺面積補助 1/2 事業經費，屋頂陽台額度每平方公尺 5 萬日圓、牆面每平方公尺 5 千日圓花盆每平方公尺 2 萬日圓總計上限為 200 萬日圓。並對於屋頂綠化按照施工與材料費用的的一半予以補貼，對民用建築和學校、醫院等公共福利設施分別設置每個項目 200 萬日圓和 600 萬日圓的薪資上限。
- 交通省都市地域整備局的「綠化設備規劃認定制度」將規劃設計並得到所在地方政府認定的屋頂綠化設施予以固定資產稅減免，連續五年減免固定資產稅的 50%。
- 固定資產稅減輕 5 年。
- 大阪市每 1 平方公尺屋頂綠化面積可換成 0.2 平方公尺的有效開放空地面積。

德國：

- 許多都市規定建商必須通過屋頂綠化方式償還一定面積之綠化。
- 市政排污系統連結部分要按照雨水排放面積總面積來收取費用。
- 鼓勵建造種植屋面，按折扣費率收取費用而得到收益。
- 制定綠屋頂的補貼計畫，補助住宅區約 50%的綠屋頂建造費用。

美國：

- 美國許多修建“生態屋頂”的開發商、建築商及業主提供優惠政策。
- 提供低息貸款。減少徵稅。
- 波特蘭市規定有新的政府機構建築必須有 70%的屋頂綠化面積。
- 芝加哥市政廳做為表率推廣屋頂綠化，其制定政策包括：私人住宅的屋頂綠化可獲 5000 美元補貼，每棟商業大樓可獲 1 萬美元。

加拿大：

- 對於新建建築與現存建築實施屋頂綠化，並建立獎勵機制。
- 2002 年發布「屋頂綠化技術導則」。

新加坡：

- 新加坡政府放寬私宅興建陽台條例，開發商將獲得額外容積率建造陽台(超額上限為 10%)，額外的陽台總面積需繳付發展費。

上述為屋頂綠化在國外獎勵辦法及法規的發展，其中有些國家在規範的制定上已經相當完善，而有些是正逐步的實施，完善的獎勵辦法及法規為推動屋頂綠化最重要的方法之一，也是讓人民可以更加理解綠屋頂的方法。

貳、國內法規整理

國內尚無屋頂綠化實施法規與獎勵辦法，故以下針對建築綠美化相關獎勵辦法進行分類，分類如下。

台北市：

- 第一類建築基地之綠化，綠覆率應達百分之六十五以上。

- 第二類建築基地之綠化，建築物應留設之法定空地以集中留設為原則，綠覆率應達百分之五十以上。
- 第三類建築基地綠化，其綠覆率應達百分之三十以上。
- 屋頂突出物之牆面應植蔓藤植物設置花台綠化。
- 1994年訂定「台北市建築物暨空地綠化實施要點」，指出建築物可選擇於屋頂設置花園或女兒牆設置花台，二項擇一設置，屋頂花園面積應占屋頂平台1/4以上，女兒牆應於上方內側設置50公分寬之花台，深度可達屋面，總長度應達建築物四周女兒牆全長1/4。
- 2005年公布「台北市都市更新整建維護實施辦法」，凡符合都市更新事業之整建或維護項目，其建築物的陽台、露台及屋頂平台綠美化工程可申請補助。
- 2008年台北市都市發展局提出「台北市好好看系列計畫」，透過老舊建築立面修繕、校園圍牆綠籬化等，鼓勵公私有土地與建築物全面景觀化。

新北市：

- 2009年新北市政府為獎勵民眾主動設置綠屋頂，凡於建築物屋頂裝置太陽光電發電系統及屋頂綠化者，將給予適度的建築容積獎勵。
- 依照「新北市都市更新建築容積獎勵核算基準」，申請都市更新之建築屋頂綠化覆蓋率達50%以上之條件，可獎勵容積，最高上限可達5%。
- 2001年開始新建案只要超過5000平方公尺，須送「新北市都市設計審議委員會」審議相關建築設計書圖，申請建造執照皆須在屋頂「設置綠能設施或設備」。

高雄市：

- 依「高雄市建築基地實施綠化審核辦法」規定綠覆面計算基準與應植植栽種類之比例、開放空間及應綠化之空地規定、綠化之植物種類、最小覆土厚度規定與綠化設計圖說應包含事項等。
- 「高雄市都發局都市更新」將針對尚未建築閒置空間綠美化、建築物本體景觀改善、夜間照明、建築物外部空間景觀等進行補助。
- 「高雄市工務局建築管理處」提供私有空地綠美化獎勵措施，如：減免地價稅、增加容積率等。
- 2007年實施「高雄市綠建築自治條例」，管制都市設計審議地區建物的綠屋頂設

置比率及既有建物設置綠屋頂之獎勵補助等規定，並訂定相關罰則，適用於第一類至第五類建築物。

■ 第十條屋頂綠化設施之設置規定

- (一) 面積應達屋頂層可綠化面積 1/2 以上。
- (二) 第三類建築物如設置屋頂綠化設施者，其設置面積應達可設置綠化面積 4/5 以上。
- (三) 屋頂綠化應附設給水設備，以供植栽澆灌使用，並應考量植栽位置及排水、防水設計。

鑑此，與國外相互比較，國內應先推動相關屋頂綠化之獎勵辦法，例如：提供相關綠化產品優惠、降低徵稅與增加容積率等，並配合 2010 年台北國際花卉博覽會，進而推廣不同縣市之獎勵辦法。獎勵機制成熟後，循序漸進制定相關屋頂綠化之法規，俾利民眾增加屋頂綠化之相關知識與信心。

第四節 屋頂綠化國內外相關維護管理方法收集

屋頂綠化之維護管理是維持屋頂綠化壽命的重要關鍵因素，為確保綠屋頂能長期運作使用及發揮效益，故提供相應維護管理措施極為重要。維護管理大致可分為三個階段進行，即建置時期、完工初期及後續維護管理，養護單位應留意各階段之維管要點，有助於屋頂綠化的使用年限。此外，不同屋頂綠化類型其維護管理方式有異，依照設計範圍以及施作場址現況不同而調整作業。以下將針對屋頂綠化階段性和類型管理、植栽生長、硬體設施等維護管理方法及相關制度進行說明。

壹、屋頂綠化階段性維護管理

一、建置時期之維護管理

屋頂綠化是附加建物，避免原建築遭受破壞，綠化防水層需進行檢查，若淹水須立即處理，避免延遲施工時間及進度。建築物標準載重皆有固定標準乘載重量，進行綠化工程時，施工材料需進行重量檢測，確保施工材料之誤差皆在標準範圍內，總重量需特別注意各項誤差。

二、完工初期之維護管理

屋頂綠化完工後 6-12 個月為關鍵時期，影響屋頂綠化的成功與否，雖與選擇適

當植物、氣候條件和介質緊密相關，但絕大多數成功案例中，初期良好的維護管理是關鍵因素。為維持植物自然且穩定生長，植栽於定植後1年內應增加維管頻度，使逐漸適應屋頂嚴苛的環境，如乾旱季節裡需提供充足的水分，或植物出現衰敗現象，應即時予以補植，同時還應該即時的根除雜草和其他多餘的植物，另外，應對屋頂設施進行全年的全面養護，而這些維管作業直接影響了屋頂綠化長期與成功。

三、屋頂綠化後續維護管理

屋頂綠化建成後的維護管理主要是指對構成綠化主體景觀的各種喬木、灌木、花卉、地被和草坪等植物的養護管理，此外亦包括屋頂上其他設施之管理，如園路、水電設施和屋頂防水、排水及修理損壞的結構等。當屋頂植被的覆蓋率達到一定的標準，就應當著手系統的生長維護措施，最為棘手的是如何使良好的屋頂現狀在一至兩年的時間內得以保持。因此，對整個屋頂空間及其周邊和建築體上的雜草及其他多餘植物應即時根除。對於草坪和草本植物生長環境內的有機物應當每年清除一次，以確保植物正常生長，屋頂綠化對全年維護和保養的要求相對更高，如庭園型屋頂綠化每年至少8-10次之維護檢查，薄層型屋頂綠化則為每年1次等，若建立完善的維護管理制度，有助於屋頂綠化的使用年限。

貳、屋頂綠化管理分類方法

依照不同的屋頂綠化施作工法，會有不同之維護管理要點，在此以薄層型屋頂綠化、盆栽型屋頂綠化、庭園型屋頂綠化三種不同的施作方式進行介紹。不同類型的屋頂綠化具有不同功能定位，如降溫、雨水截流、生物多樣性、休閒空間、療育庭園等。

一、薄層型屋頂綠化

薄層型屋頂綠化以體現生活與環境的協調性為目的，一般只供人們觀賞，極少進入，其植物生長介質厚度淺薄，植物豐富度不高且選擇有限，常以低矮灌木、草花和抗旱性強的地被植物、草皮為主。薄層型屋頂綠化通常採取低維管的照護，一年約1-2次以上之檢查頻度，且維護費用低、壽命長及荷載量輕。因介質層淺薄，需要完善的灌溉以及排水設施，以免在維護之外的期間因為淹水而造成植栽根系壞死，或者是因為旱季而土壤乾涸，清除萌蘗亦是重要工作之一，只要確保在一定的生長週期內不再萌發即可。另外常見問題就是滲漏水或水管阻塞，因低維管，落葉雜物容易淤積，故

須定期檢查排水系統是否順暢。

二、盆栽型屋頂綠化

根據建築物的載重，在屋頂承載重允許下進行綠地配置並利用容器的屋頂綠化方式，此類使用各種盆器種植植物，容器造型尺寸與植株高度，將其設計組合排列，以形成景緻。其具有不太受環境因素限制，材料取得及施工容易、擺放位置自由且較無根系破壞結構之虞等優點。但承載重量、維管費用和頻度取決於盆栽大小與數量，利用預先種植馴化擺設，維護管理需求較大。此種方法最大問題在於，無法種植根系龐大的植物種類且常使植物根系生長受侷限，又因為盆栽並非使用同一區塊的土壤，必須分開灌溉以及分開的排水措施為非常重要之環節。

三、庭園型屋頂綠化

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。通常此類屋頂綠化的景觀管理需較為精細，必須適時澆水、施肥、病蟲害防治、修剪等作業。植物需要集中且廣泛的養護，包括施工期間養護、完工初期養護及後續維護管理等，根據植物自身的需求合理調整維管作業。庭園型屋頂綠化投資與維護管理費用高，一年至少需 8-10 次以上之高頻度維護管理，因此需耗費較多人力，不論是一般植栽的生長狀況，或是灌溉，都必須與人力做一定的配合。另外，此類屋頂綠化最大的重點為人員進出的管制與安全，在進行建設之時，必注意建設完成之後的安全，例如女兒牆的高度，或者是步道的穩固安全等，皆為後續養護的重要關鍵點。

參、屋頂綠化植栽生長維護方法

屋頂薄層綠化成效的好壞，植栽的存活與維持景觀是重要課題。植栽的管理項目有：澆水、施肥、修剪、除草及病蟲害防治等工作。於承載力有限的屋頂上，為了維持植物的生長而大幅增加載重是不可取的，必要時應限制植物的尺寸，須適當的管理以維持美觀、實用等功能。依不同的地理位置和自然環境條件具有不同的植栽管理方式，如夏季氣候炎熱需增加澆灌頻度，南部頻度又須高於北部。另外部分植栽有季節性消長的問題，會因不同季節展現出不同風貌，建議混植方式種植，有利於增加歧異度和複雜性，避免因單一植物而造成植被在不同季節產生枯黃之現象，因此，當植栽

生長不良時，需檢查該植栽的生長季節，又或者是蟲害之影響造成。

一、灌溉作業

灌溉是屋頂綠化中之必要條件，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。

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。地理位置亦影響灌溉頻度，研究指出，年灌溉頻率方面，台北地區平均 17 天/次、台中地區 9 天/次，台南地區 8 天/次。
2. 花園式屋頂綠化維護管理頻度高，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，必要時還需配合人工澆水，以維持良好的景觀效果；薄層式屋頂綠化屬於低維護管理，炎熱季節時適當的增加灌溉次數即可。
3. 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，可減少水資源的浪費

二、施肥作業

於屋頂上進行綠化時，施肥應小心謹慎，尤以薄層式屋頂綠化，施肥過多對維護不利，反而造成雜草快速生長，抑制競爭力較弱的植物生長，若非必要可不需施肥即可維持穩定的生長。庭園式屋頂建設初期的介質通常含有滿足第一個生長季節的肥份，但屋頂嚴苛環境造成土壤容易貧瘠，且植物後續生長需要充足的養分，因而應在栽植後一年補充施肥。合理化施肥可提供植物所需的營養，施肥的種類和用量方面，應依據植物的營養需求、介質保肥力和季節變化而調整，但以不汙染環境的種類為前提。另外可採取控水控肥方法，抑制植物生長過快的狀況，降低建築物載重和維管成

本。一般而言，屋頂綠化建設 5-6 年後，由植物生長的狀況可以減少肥料的使用量或不再施肥，以降低對環境的危害。

三、修剪作業

屋頂綠化植物生長過程中，需要根據植物的生長特性，定期除花和整枝修剪，當植物生長快速且未修剪時，因株高過高，影響灌溉噴頭的功能，易造成角落區塊的植栽無法灌溉而死亡。尤以庭園式屋頂大多種植喬木或灌木的樹種，除應根據園林綠地養護技術規程進行養護外，還必須嚴格控制植物高度、疏密度，保持適宜的根冠比以及水分和養分的平衡，從而保證屋頂花園的安全性。修剪時應根據植物的生長特性，一般喬木栽植滿 3 年後，每年早春進行修剪；灌木栽植滿 2 年後，每年早春進行修剪；草坪鋪設後當年修剪 1-2 次，第 2 年開始每年春季、夏季及秋季各進行 1-2 次修剪，維持 5-7 cm 的高度。發現枯死的植物要即時更新或填補，修剪結束後要即時進行清理。

四、雜草控制

在屋頂綠化中雜草生長是不可避免的，如風、鳥或人都可能帶來新的雜草種子。雜草會在最佳生長時期占據指定植物的空間，消耗營養與水分，於乾旱與壓力時期死亡，最終在屋頂上留下大片的斑塊。當屋頂綠化植物生長覆蓋達一定程度時，對雜草種子發芽具有更高的抵抗力，但於定植初期，介質裸露處易有雜草叢生的現象。若介質一開始就含有雜草種子，即無法防止雜草出現。通常應採用指定的消過毒的基質，並在建置時做檢驗。但即使消過毒的介質也可能帶來雜草，因而盡早且有規律地除草非常重要。屋頂綠化定植初期，應當除草數月以控制雜草品種的改變，通常在雜草結籽之前除草，良好的做法是掌握雜草的種植區域生長發芽的季節模式。利用密植方式種植亦可降低雜草出現率，尤以生長緩慢的植物種類，定植時建議可增加植栽密度。維持良好景觀外，也可降低雜草出現率。

五、介質管理

生長土壤對於植栽來說是一切的根本，植物分成三種需要土壤養分不同之種類，酸性土、中性土以及鈣質土，要是沒有相同的配對會造成植物取得之營養不足，例如喜好酸性土之樹種，要是種在偏鹼性之土壤裡會造成黃葉病，意即植物缺少鐵份之表

現。另外也要考慮到植物耐鹽性之影響，一些比較不耐鹽分之植物在土壤鹽分超過0.6%之土壤裡，會引起反滲透作用，造成植物生理缺水之狀況，因此對於土壤內含之鹽分也要注意。

在屋頂綠化過程中，屋頂綠化植物種類選擇應與使用之介質特性互相配合，另不同季節亦應針對溫度、水分、光度的變化進行調整。高溫時，不耐乾旱之植物種類應使用混入較保水物質的介質種植；但雨季時又必須提高通氣性以避免植株泡爛。若介質調配得宜，將可有效且長時間地維持與發揮屋頂綠化功能。

長期栽植植物，有時會出現土質硬化或根糾結的情況，影響植物的正常生長，對此要及時減去老根，換上新土。另外，頻繁的大風和降雨容易造成土壤的大量流失，或介質分解後造成土層下降，因此須適時的補充新土。此外，須注意若介質鋪面不均勻，暴雨過後易造成介質表面高低不平，低窪處容易積水，造成介質間水分無法流通。

六、病蟲害防治

病蟲害對屋頂綠化的視覺效果影響很大，因此在屋頂綠化的養護管理中，要採用積極的防治措施，但須貫徹「預防為主、綜合防治」的方針。除了在選擇綠化植物時須注意選擇抗病蟲害能力強的品種，同時亦注意選擇使用無病蟲害的植株進行綠化。當發現病蟲危害時，盡量採用對環境無污染或污染較小的防治措施，如人工及物理防治、生物防治、環保型農藥防治等措施，嚴禁使用劇毒化學藥劑、農藥等。此外，植物營養不良或水肥管理不當時也容易招致病蟲危害，因此，屋頂綠化的維護管理時要注意使用正確的澆水和施肥方法。屋頂綠化維護管理中的病蟲害防治方法主要包括化學防治、生物防治及物理防治三種，在養護管理中應根據情況選擇適宜的方法。若需施藥，應避開人潮多的時機，且噴藥後增加通風量，使味道迅速散開，以避免污染。

肆、屋頂綠化硬體設施管理方法

屋頂綠化最大之重點在於減少雨水逕流以及蓄留雨水，可是不良之屋頂建築會造成屋頂漏水，或者是屋頂綠化積水導致植栽根系腐爛，因此屋頂綠化對於建造場址之屋頂環境也是必須維護的重點之一。

一、排水系統設置

在施工設計之時就必須以良好的排水系統為基準下去設計，當經歷一場暴雨之

後，要是不能迅速的將屋頂綠化無法蓄留之逕流排除，將會使位於基質內之根系層腐爛，進而導致植被枯黃；又或者排水口被植栽落葉堵住，當暴雨過去之後，會造成屋頂綠化上方積水過多，也可能會使屋頂負荷過重，導致屋頂建築物的損毀，即為本末倒置之舉。為讓排水順暢，若排水口外露的部份，可將粗砂裝袋蓋在排水口周圍，擋住落葉，但仍須定時檢查排水系統及清除雜草落葉，確保排水孔無阻塞的現象。另外，綠化範圍與女兒牆牆面貼齊，牆面的雨水把土壤沖刷殆盡，應於牆壁等雨水大量通過的部位設置擋土牆、U型溝等，必須事先設置排水通路。

二、澆灌系統設置

一般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。滴灌與噴灌為目前兩種主要的澆灌方式，滴灌的優點為；可增加植物的根域以及吸收效率、吸收水分的區域，緩慢釋放水分可減少因為澆灌造成之多餘逕流，又因為可以控制潮濕的區域，可以減少雜草的生長，減少去除雜草之費用，滴灌系統為目前比較好之灌溉系統。

定時的澆灌系統設置是非常重要的部份，如果利用人工澆灌，會產生不少的人工成本，而且如果利用人工進行澆灌，會造成水量無法控制多寡，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。如果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，可配合雨水偵測器進行偵測，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。另外，灌溉水源需注意保持乾淨，避免水體之中有病原體造成植物染病。

三、屋頂綠化基質流失檢查

屋頂綠化的介質隨著頻繁的大風和降雨之後，會造成流失的情況，當介質流失過多之時，會造成植栽生長無法獲得足夠的營養，以及因為基質流失形成植栽的根系無法附著，造成植栽枯萎。另外，目前常使用的有機介質因長時間分解，造成土層下陷，建議介質可添土或適時補充新土，以減少此現象發生。此外，若介質鋪面不均勻時，暴雨過後易造成介質表面高低不平，低窪處容易積水，造成介質間水分無法流通，植栽生長受影響。

四、植栽之檢查

當屋頂綠化完成之後，如果沒有定期進行雜草或者枝葉剪裁，當植栽生長過於茂盛會造成屋頂承載重量超過當初規劃的安全載重，如遇到雨季，將會因為屋頂綠化蓄積之雨水與生長茂盛之植栽過重導致屋頂坍塌意外。草坪之生長條件通常較一般屋頂環境較佳，因此會吸引一些雜草的入侵，如果不去處理這些雜草會造成植栽因為雜草搶食養分而枯萎。

五、其他輔助設施管理

屋頂綠化除上述硬體設施外，其他景觀元素也需要定期維護，以保持良好的外貌和安全性，如欄杆、水池、涼亭、石桌、長椅等，為了延長這些設施的壽命，並確保美觀和安全，對這些設施進行維護是相當重要的。

六、屋頂綠化使用年限

屋頂綠化希望可以達到永續利用的原則，所以需要依各種屋頂、綠化建材，以及房屋建材之年限進行維護，茲列如下：

1. 屋頂年限：屋頂綠化顧名思義為建設在屋頂上之綠化設施，因此屋頂之檢查是重點之一，屋齡越高，屋頂的承載能力就可能下降，為避免屋頂綠化因屋頂本身的損毀而毀壞，在設計之初就要先進行屋頂的補強作業，屋頂本身的年限也要注意且考慮屋頂年限已到的情況下評估建造屋頂綠化的實用性，或者利用其他方法減低屋頂的負荷。
2. 綠化建材年限：綠化建材本身就有一定的壽命，在國外因為地震較少，故屋頂綠化通常可以維持十五年以上，反觀台灣地處歐亞板塊邊緣，造成地震的頻率較為頻繁，因此要定期檢查屋頂綠化建材的年限，避免屋頂綠化建材已到了年限，卻因為沒有進行更換，發生損毀情形。
3. 房屋建材年限：台灣的雨量比較大以及地震頻繁，這些都是造成房屋年限降低的原因，而一般建材之材質及構造不同，也會有不同之年限，在進行屋頂綠化前，應先檢查設計場址之房屋構造穩健與否，在屋頂綠化完成之後，要依據不同的房屋建材有不同之房屋檢查機制，例如防水機制、載重檢查植栽之生長情況檢查等，預防屋頂綠化因為房屋本身的年限而造成使用上時間縮短，造成無法達到預期效果之遺憾。

伍、屋頂綠化維護管理制度之建立

屋頂綠化建成後，通常於施工之保固期內因為專業廠商維護通常較無太大問題，而於保固期外具有良好管理層級制度下，其後續綠屋頂維護管理與使用度較佳。因此建議於保固結束前，必須有完整的管理體制，包含建築物管理的檢查制度、維護管理人員制度及養護費用預算之編列等。

一、屋頂綠化管理檢查制度

屋頂綠化設施於使用後必然會受到一定程度的損傷，而導致安全性和適用性等有所下降，應該定期進行檢查，從而保證其安全、延長其耐久性。包括出入口的管理，綠化設施及其他屋頂設施的檢查、修復，防水層的檢查，屋頂的全面清掃，屋頂排水口的檢查及清掃，定期對接縫材、排水口做檢查、清掃等，介質與植栽也應定期檢查維護及更新。另外當房屋年齡過長時，應隨時注意屋頂龜裂、牆面剝落或者女兒牆破損，避免造成屋頂本體的損毀。在屋頂綠化內之建材也算是建築物的一部份，應定期檢視，避免屋頂綠化建材因不可預期之傷害或者是年久失修，失去其原本功能。

二、管理人員制度

可由使用單位自行組成維護小隊，共同營造良好環境，同時加強組成人員向心力，於綠屋頂後續維管上將事半功倍。此外，管理人員亦須經過教育訓練，透過單位擬定之維管手冊，方便管理員交接，用心確立管理體制。屋頂綠化一定有人員進出，不論是養護人員、管理人員或者是一般人員，人員的管理方法茲列如下：

1. 施作人員管理

施作屋頂綠化人員必須要受過專業訓練，因為屋頂綠化與一般平面所施作之建築大不相同，不只是要注意屋頂綠化本身的強度，也要注意屋頂本身之強度以及房屋年齡等問題，因此必須得訓練專業之施作人員。

2. 管理人員選擇

管理人員應該要了解該如何控管人員進入屋頂綠化施作區域，避免對於屋頂綠化造設施成損傷，最好可以進行現場導覽的知識，在人員進行活動之時可以順便介紹有關的知識，進而增加屋頂綠化的廣泛性。

3. 一般人員管理

屋頂綠化設置區域必須使用較多的人力進行管理，當發現有所損壞時可以及時要求維護人員進行維護，並且在屋頂上面要注意安全，防止有人員在

屋頂綠化上進行活動時，造成受傷等意外。屋頂綠化要進行推廣，除了要增加一般人員的安全概念之外，更要宣導保護屋頂綠化的保護觀念，防止一般人員在進行活動時破壞以及毀損屋頂綠化措施，增加維護成本。

三、養護費用預算編列

植物的維護管理需要費用，若不澆灌、修剪等有損它的美觀、排水口不檢查建築物就埋下漏水的隱患。薄層式屋頂綠化雖維護簡便，但仍需一定程度的維管，定期檢查排水口以及雜草管理成本仍需規劃預算。若未事先編列維護管理費用，即實施屋頂綠化，等同於未盡到對責任和結果給予說明的義務。

屋頂綠化所需的費用取決於各種不同的因素，屋頂綠化的類型(如自然綠色屋頂與人工綠色屋頂)、綠色屋頂建設系統和不同類型的種植方式是其中的主要因素。材料的選擇與運輸、屋頂的坡度和整個屋頂面積的大小也很重要有關維護管理的大致費用要事先對投資商說明。屋頂綠化對維護管理投入的成本依每項工作安排的次數而不同。為便於參考，按「最低限度要求」應考慮安排的次數，針對 200 m² 綠化面積的維護成本其估算結果如列表。表中顯示的是僅基本工作的情況下，至於植栽的更新移植、長椅的漆料等其他的工作及其安排次數的改變則另行計算。其屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估入表 2-13 所示。

表 2- 13 屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估

	薄層式綠化	矮品種綠化	花園式綠化
全面性檢查	3 次	3 次	12 次
排水口清掃	3 次	3 次	12 次
修剪、採摘	-	2 次	2 次
修草坪	2 次	-	3 次
施肥	-	2 次	2 次
除草	1 次	2 次	2 次以上
病蟲害防治	1 次	1 次	按實際發生
支護檢查修理	-	-	4 次
滴灌裝置檢查	1 次	4 次	12 次
管理成本	400 元/m ²	600 元/m ²	1500 元/m ²

(資料來源：最新屋頂綠化設計、施工與管理案例，及本研究整理)

四、建立既有綠屋頂之成效評估方法

由於國內並無既有綠屋頂成效評估的明確辦法與資料可參考，故本研究針對既有綠屋頂調查項目與民眾反應之重點進行評估項目設定，同時配合文獻中專家學者認為綠屋頂應注意之硬體、植栽、工法、維管便利度與成本，與綠屋頂具有的環境、生態、教育等多項效益進行多方向考慮，設計此既有綠屋頂之成效評估表，以提供施作單位進行檢驗時之參考。

表 2- 14 既有屋頂綠化成效評估

		評估項目	配分	附註(可依實際狀況調整細項分數等級)
優先 評估 項目 70%	1	樓板或屋面漏水或積水狀況	10%	屋面積水、出現裂縫、漏水、出現壁癌等，有一項即扣 2 分，扣至 0 分為止。
	2	工法、硬體設備完整狀態	5%	工法與設備完好：5 分 工法或設備出現缺失但仍有功能：3 分 工法或設備崩壞：1 分。
	3	介質狀態 (含水量、酸鹼值、肥力)	5%	介質水分小於 25%或大於 60%； pH 值低於 5.5 或高於 7.5； 土壤 EC 值低於 0.2 dS/m。 無上述狀況：5 分；有一項描述者：4 分 有二項描述者：3 分；三項全有：1 分。
	4	植栽狀態	12%	植栽生長、開花良好、無枯亡：10-12 分 植栽生長尚可，但不開花或少數枯黃：7-9 植栽生長不良或一半以上枯黃：4-6 分 植栽枯死或雜草入侵：1-3 分。
	5	維管計畫與便利度	20%	(1). 維管計畫(14%)--

		(澆灌、修剪、施肥、換植頻度)		<p>有良好維管計畫且徹底執行：11-14 分</p> <p>有維管計畫且執行效果尚可：7-10 分</p> <p>無維管計畫但不定期維管：4-6 分</p> <p>無維管計畫或維管效果差：1-3 分。</p> <p>(2). 維管便利度(6%)--</p> <p>低維管(少於或等於一週 1 次)：5-6 分</p> <p>中維管(一週 2-4 次)：3-4 分；</p> <p>高維管(每天管理)：1-2 分。</p>
	6	後續維管成本、花費(單位面積之澆灌電與水費、施肥噴藥、換植等花費)	10%	<p>少於 200 元/月：7-10 分；</p> <p>500 元/月分數中等：4-6 分；</p> <p>1000 元/月分數低：1-3 分。</p>
	7	屋頂綠化使用頻度、認同狀態	8%	<p>(1). 使用頻度與認同感 (5%)--</p> <p>兩者皆高：5 分；使用頻度或認同感其一高：3 分；兩者皆低：1 分。</p> <p>(2). 人員安全性維持程度(3%)--</p> <p>安全：3 分；中等：2 分；有危險：1 分。</p>
附加	8	低碳設施或操作之節能程度 (太陽能板、風力發電、雨水回收)	10%	<p>低碳設施或操作成效良好：7-10 分</p> <p>低碳設施或操作成效尚可：4-6 分</p>

成效評估項目 30%		系統、自製堆肥、廢物利用等)		低碳設施或操作成效不佳：1-3分
	9	環境效益 (降溫、減少逕流、固碳量)	8%	降溫、減少逕流或減碳效果良好：6-8分 降溫、減少逕流或減碳效果尚可：3-5分 降溫、減少逕流或減碳效果不良：1-2分
	10	生態效益 (營造良好生物棲地、增加生物多樣性)	5%	生態效果良好：5分； 生態效果尚可：3分 生態效果不佳：1分；無效果：0分
	11	教育與互動效益 (解說牌、教學活動、社區活動)	3%	教學效果良好或大幅增加互動：3分 教學或互動效果尚可：2分 教學或互動效果差：1分 無教學或互動效益：0分
	12	生產或經濟效益 (菜園生產或營收)	2%	菜園產量、品質或營收良好：2分 菜園產量、品質尚可：1分 無菜園生產：0分
	13	帶動該地區營造或競賽 (社區或校園營造、公司行號或公家機關特色建立)	2%	營造效果良好、特色明顯競賽成功：2分 營造效果或競賽尚可：1分 無任何營造或特色建立：0分。

			100%	
90分以上代表成效卓越，表現特優； 80-90分成效顯著，表現良好； 70-80分具有成效，表現普通； 60-70分略有成效，表現稍差； 60分以下不具成效，表現不佳。				

(資料來源：本研究整理)

第五節 屋頂綠化雨水貯集利用系統文獻回顧

雨水貯集利用可廣泛定義為雨水直接收集或是收集地表逕流過濾後貯存使用。古時已廣泛使用雨水貯集，但在改善自來水普及率後雨水貯集利用也逐漸勢微。我國經濟蓬勃發展，工業與民生用水大幅提升，以致水資源日漸不足。在開發新水源不易及供需求尚未達到平衡下，耗能少、污染低、取得易之雨水貯集利用技術逐漸受到重視。本節針對雨水貯集利用進行探討。

壹、雨水貯集利用技術

雨水貯集廣義定義為：雨水利用泛指降水、大氣與雨水資源再次利用之水源。水資源主要貯存型式之地表水與地下水皆由雨水轉化而至，故水資源開發項目亦是雨水開發之項目，如興建水庫、灌溉系統與埤塘等開發水資源項目。

雨水貯集狹義定義為：雨水利用泛指雨水直接利用之活動，如利用集水面收集雨水、農業生產及城市清潔等。水資源循環再生過程之雨水，以天然或是人工方式截取貯存，並精簡易淨化處理後加以利用。

雨水貯集利用具有新興水源、調配用水與滯洪防澇等多重功能。可用於農業灌溉，作為工業及民生用水之替代水源、建築物(如澆灌、沖廁等)或都市防洪等。

一、雨水貯集之效益

雨水貯集系統根據當地氣候環境、降雨量、其他供水水源與經濟開發程度等，而有所不同。雨水貯集利用之優缺點如下圖所示。



圖 2- 9 雨水貯集利用優缺點

(資料來源:本研究整理)

雨水貯集其他優點如：因地制宜、私有性高、降低洪峰量、提供節水教育、設備維護容易、維護費用低廉、對環境衝擊小、減少旱災損失、減少地表逕流、增加地下水補注、施工工方法容易、提高水資源利用率、降低地下水抽取量、提供災備用水補給、促進水土資源永續利用、減少海水入侵之機率、若水源乾淨水質亦良好、設施可視需求彈性擴張、供需水點近，方便取用、減少地下水系統處理量、提供人、農業灌溉、牲畜用水及提升水資源保育。

二、雨水貯集利用之形式

本小節主要針對美國、日本、泰國、印度、香港、新加坡與菲律賓等各國雨水貯集之形式進行介紹。

美國夏威夷島地下水較少，該全島有七千戶以上民眾，利用雨水貯集系統供應家庭用水，占全島用水量 20%以上。日本雨水貯集系統發展十分蓬勃，如應用於大阪地區之雨水貯集系統作為沖廁補給(Waller, 1989)；東京巨蛋棒球場屋頂也設計為集水面積，雨水淨化後供該球場沖廁、環境維護與災備用水等項目。泰國最著名的雨水貯集計畫為 1990 年完成的大水缸計畫，共建造九萬個大水缸，

受益人口達一千八百萬人。新加坡及香港地區為人口密度集中，且為海島型國家，可利用公共空間從事，如機場、車站進行雨水貯集利用。Appan(1987)利用車站貯存之雨水使用洗車用水及部分用水。並對於高層建築雨水貯留系統作為經濟及效益分析與評估，並提出適當的水質管理方法。菲律賓沿海 Capiz 地區缺乏飲用水，根據當地經濟、人文、地理等各項因素，利用雨水貯集系統解決飲用水 (Lo, 1990)。印尼沿海地區，因地下水受鹽化不適飲用，因此該地區利用建築物屋頂集水系統，作為該地區飲用水之補充水源。

雨水貯集除能提供用水外，還具有：災備用水及減洪效用。

根據生活方式、地形地貌、水文及氣候等不同條件產生，雨水貯集利用方式如下表所示：

表 2- 15 雨水貯集利用方式

	雨水貯集利用方式
建築物類	區域雨水應用、屋頂雨水貯留系統、雨水收集結合污水回收系統。
非建築物類	入滲廊道、地表水收集、霧氣收集系統、開闢地雨水收集、田間雨水貯留工程、公路逕流收集系統、雨水收集結合入滲系統。

(資料來源:本研究整理)

屋頂雨水貯集系統包含四個主要組成部分：

- (一) 集水系統
- (二) 貯存系統
- (三) 導管系統
- (四) 水質處理系統

以下分項進行介紹。

- (一)集水系統

利用屋頂及排水管道進行收集。雨水收集後能快速提供屋內使用端使用，台灣除非都會區傳統老式斜屋頂外，都會區中多為平屋頂或鐵皮搭建之混凝土屋頂。

(二)貯存系統

集水系統可分為傳統式集水槽、水牆式集水槽及地底式集水槽(廖朝軒，2008)。傳統式集水槽外觀呈圓柱形，體積與容積選擇性多，價格低廉，容量300~50,000公升。水牆式集水槽為組合式集水槽，有1,200和2,400公升兩種大小，數個水槽可相互串連，達使用端之需求量，有效利用簷下或空調設備間隙等空間死角。地底式水槽主要優點為隱蔽性高及貯存量較大，缺點為需支付額外之挖地費用。鄉村地區因空間大，設置地上型貯水槽容易，但在市區大型水槽只能往地下發展。

(三)導管系統：

溝槽與落水管需有效將屋頂收集之雨水送往貯水槽，其設置需注意材料表面光滑、質輕、防滲漏與易連結等項目。平屋頂式建築若無落水管或因管線老舊阻塞需加以洗洞接管。

(四)水質處理系統：

初期雨水因含帶大量屋頂沖刷堆積之灰塵、植物落葉與動物排泄等，故需將初期雨水排出貯水槽，確保雨水水質。然而用水標的不同，所需水質不盡相同，故需依雨水用途及集水區之區域特性，決定雨水水質處理流程及相關系統設置。

貳、雨水貯集利用相關研究

(一)國內相關文獻

台灣近年來，逐漸重視雨水資源再利用。於1997年時，廖朝軒(1997)探討雨水貯集系統水文設計中主要影響因素與建立以最低成本下之住家雨水貯集系統模式，影響雨水貯集供水系統最主要因素包含：降雨型態、逕流係數、可靠度、需水型態、系統模擬計算方式取水方式等，此因素故影響雨水貯集供水系統能力

改變，探討貯留容量雨屋頂及水面積之最佳組合。

李士畦 (1999)，針對雨水貯留供水系統設計實務暨設置實例探討。以雨水貯留供水系統設計模擬、規劃、設計過程中必須注意之重點，進行相關經驗探討。

劉豐壽(1999)，針對雨水貯集系統在台灣地區發展由過去大小型農塘，擴大為農業、工業與民生用途多目標系統勢，探討雨水貯集供水系統近年來在國內外之應用情形，分析國內發展情況與推廣成效。

陳瑞鈴等(2000)，在建築物規劃設計中導入雨水貯集供水系統，內容包括雨水利用系統設計技術及發展背景與變遷，系統設計與模擬解析，並針對國內導入雨水貯集利用系統之規劃案進行收集及分析。

廖朝軒等(2000)，探討需水量貯集體積與區域平均降雨量之無因次關係圖，並以北部區域進行案例分析，利用動態聚類法將北部區域依降雨量分四小區域，並分別建立小區域之雨水貯集容量設計圖，提供設計參考，並進一步評估在不同區域下，雨水貯集供水系統在建築物節約用水造成之成效。

黃吉正(2000)利用歷年降雨量分析需水量、貯蓄容量與區域平均降雨量之無因次關係與供水率的相關性，建立屋頂雨水貯集供水系統中在選定供水可靠度下系統供水量、集水面積、貯水體積及年平均降雨量的區域系統容量設計通式，另外建立雨水貯集供水系統容量-需水量-供水率關係曲線圖及排列圖，可供設計者參考。

Liaw and Tsai (2004) 比較五種不同型態的屋頂，並分析逕流係數，結果顯示各型態屋頂對逕流係數影響不大，並建議以 0.82 作為設計值。此外，作者亦針對 YBS 及 YAS 兩種不同模式，以供水率及替代率兩種指標進行比較。結果顯示，在使用供水率為指標時，YAS 模式不適用於較小型之儲蓄容量量設計，因而建議使用 YBS 模式。

陳美雯(2007) 研究中，以新竹市中華大學第三宿舍為例，利用屋頂為集水面積收集雨水供給廁所沖洗用水，沖廁量以每人每天 15 公升為計算，分析 1995～2004 年的各年雨量資料換算雨水貯蓄容量，並以綠建築及水利署建議公式推

算雨水貯蓄容量。前者容量僅能提供 1~2 天的廁所沖洗用水量，介於 8.03~21.20 立方公尺；後者容量會因每年降雨量而有所差，介於 200~700 立方公尺間。

(二)國外相關文獻

Jenkins *et al.* (1978) 建立兩種雨水利用系統之取水模式，分別為「先取後溢」(YBS, Yield Before Spillage)及「先溢後取」(YAS, Yield After Spillage)。以水文模擬家用雨水利用系統之實證研究顯示，水文模擬法所預測之系統效能與實測值相當吻合(Fewkes, 1999)，而近年來多為研究者所採用。

Fewkes (1999) 分別利用 YBS 及 YAS 兩種模式進行雨水利用行為模擬，建立簡易的容量設計方法。Fewkes 並以能代表英國的五處雨量站進行日雨量模擬，建立由較簡易之月雨量模擬之修正參數，提供一同時考慮空間與時間差異且簡易的容量設計法。

Amit Chanan and Paul Woods (2005) 雨水貯集常應用於綠建築的設計，以提供植栽或硬鋪面清洗等維護目的，不但可以節省用水，進而減少逕流，減輕都市下水道系統的負擔。至於這種設施的大小，則必須取決於屋頂的面積、用水量的需求及當地的氣候，提供給工程師，建築師、市政府以及業界來估算或建議合適的雨水貯集設施尺寸。

J. Alex Forasté, P.E. and David Hirschman (2009) 利用最佳經營策略(BMP)在雨水貯集管理上，認為貯集系統不應該獨立設計，而是要區域性的規劃才會達到最佳效益。

第三章 國內既有屋頂綠化個案調查評估

我國近年來已有許多屋頂綠化相關工程進行，故本計畫收集現存屋頂綠化的資料分析其操作與維護等存在問題，以為後續興建參考資料。在此對既有屋頂綠化設施調查評估相關內容如下所示。

第一節 現地調查實施計畫

本計畫將收集近年完成設置屋頂綠化設施之機關單位，因為台北國際花卉博覽會的舉辦和各地方的補助，屋頂綠化已經蓬勃的發展，以下為台灣各地屋頂綠化之單位，如表 3-1 所示：

表 3- 1 已施作屋頂綠化單位機構

編號	項目	編號	項目
北 1	台北市劍潭里活動中心	北 28	新北市絃一實業
北 2	台北市內湖污水處理廠	北 29	新北市崇德國小
北 3	台北市迪化污水處理廠	北 30	新北市臨江仙社區
北 4	台北市基督教台北真理堂	北 31	新北市忠義國小
北 5	台北市吳興國小	北 32	新北市稅捐處
北 6	台北市松山工農	北 33	新北市仁愛國寶
北 7	台北市護國禪寺	北 34	新北市花園新城
北 8	台北市惠安區民活動中心	北 35	新北市永和區公所
北 9	台北市信義區公所	北 36	新北市三德活動中心
北 10	2010 台北花卉博覽會-新生三館	北 37	新北市長坑國小
北 11-1	台北市信義國中-警衛室	北 38	新北市海山高中
北 11-2	台北市信義國中-童訓場	北 39	桃園市新興國中
北 11-3	台北市信義國中-環保站	中 1	朝陽科技大學設計學院

北 11-4	台北市信義國中-活動中心	中 2	台中市裕元花園酒店
北 12	台北市立圖書館北投分館	中 3	台中市東勢鎮名流藝術世家 重建社區
北 13	台北市公務人員訓練中心	中 4	南投縣台一種苗組合屋
北 14	台北市華江國小	中 5	秀傳紀念醫院
北 15	台北市大安區成功市場	南 1	台南市國立成功大學研究總 中心行政暨研究大樓
北 16	台北市百齡國小	南 2	台南市金碩實業股份有限公司
北 17	台北市圓山飯店	南 3	台南市台達電子工業股份有限公司
北 18	台北昇陽建設敦鳳屋頂花園	南 4	成大綠色魔法學校
北 19	台北市啟智學校	南 5	高雄市七賢國中
北 20	台北市稅捐處	南 6	高雄市陽明國中
北 21	新北市金陵女中	南 7	高雄市立美術館
北 22	新北市三和國中	南 8	高雄市科工館
北 23	新北市永續環境教育中心	南 9	高雄市新興分局
北 24	新北市新莊休閒運動中心	南 10	高雄市凱旋醫院
北 25	新北市金山國小	南 11	高雄市東區稅捐稽徵處
北 26	新北市仁義社區	南 12	高雄市左營區花旗銀行
北 27	新北市佐賀社區		

(資料來源:本研究整理)

壹、現場調查地點之選取

由前述相關資料可之目前收集之資料數量有限，在考慮本計畫工作項目要求選取的案例，與工作人員分配，故訂下列篩選因子，做為選定調查之依據。

- 一、 屋頂綠化中較具代表性者。
- 二、 詳細資料可獲得較高性者。
- 三、 設置地點於地域平均且交通方便可到達者。

四、 專家學者之建議

五、 維護管理成果優良者

依據上列篩選因子，對前述收集既有屋頂綠化資料篩選出既有的屋頂綠化進行調查，主要分基本資料、各項調查確認及使用情況，將所收集資料進行調查分析所存在的問題，並建立屋頂綠化系統及屋頂綠化技術提升之用。

貳、現地調查表格設計

對既有屋頂綠化設施之進行評估調查，本計畫除收集彙整相關書面資料外，並進行現地調查，經研究人員現地勘查，以瞭解屋頂綠化各種狀況之實際情形，並對調查內容設計調查表格，主要分「屋頂綠化調查表」、「屋頂綠化之建築物、結構物調查表」、「屋頂綠化之自然環境條件調查表」與「屋頂綠化維護管理調查表」。

一、屋頂綠化問卷調查表

本「屋頂綠化調查表」主要以計畫人員電訪方式勾選，以利瞭解個案及後續建立屋頂綠化圖說工作之進行，其內容包括下列項目如表 3-2 所示，各項內容說明如下

(一)機關基本資料：屋頂綠化系統之機關名稱與機關基本資料。

(二)綠化內容：屋頂型態、使用型態、綠化材質、綠化植物。

(三)綠化工程：工程價格、承包業者、工程期間、使用狀況。

表 3- 2 屋頂綠化調查表

機關基本資料			
機關名稱	<input type="checkbox"/> 公家機關(或公共區域) <input type="checkbox"/> 公私立學校 <input type="checkbox"/> 私人機構 <input type="checkbox"/> 其他：		負責人
TEL：		FAX：	
E-mail：			
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南 地址： GPS 定位點：			
屋頂綠化內容			
屋頂形態	<input type="checkbox"/> 平屋頂 <input type="checkbox"/> 斜屋頂		
屋頂面積	m ²	可利用面積	m ²
綠化面積	m ²	綠化百分比	%
使用型態	<input type="checkbox"/> 薄層型 <input type="checkbox"/> 組复合型 <input type="checkbox"/> 花園型 內容：		
綠化工法或使用材料	土壤：輕質土壤 過濾層： 排水層：排保水板		
綠化植物	<input type="checkbox"/> 水生植物類： <input type="checkbox"/> 蕨類： <input type="checkbox"/> 草坪類： <input type="checkbox"/> 藤蔓及懸垂植物： <input type="checkbox"/> 灌木： <input type="checkbox"/> 喬木：		
植物覆蓋程度	<input type="checkbox"/> 100% <input type="checkbox"/> 99~75% <input type="checkbox"/> 74~50% <input type="checkbox"/> 49~25% <input type="checkbox"/> 24%以下		
植物生長情況	<input type="checkbox"/> 非常良好 <input type="checkbox"/> 良好 <input type="checkbox"/> 普通 <input type="checkbox"/> 不良 <input type="checkbox"/> 非常不良		
綠化工程			
工程價格	總工程費： 元 植栽工程費： 元；解體廢棄物： 元 維護管理費用：植物： 元/年；硬體： 元/年		
承包業者	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()		
使用期間	年 月 ~ 年 月	工程期間	年 月 ~ 年 月

(資料來源:本研究整理)

二、既有屋頂綠化設施調查評估—現地記錄表

為提升調查效率及減少錯誤，現場調查人員依照作業程序設計「屋頂綠化之自然環境條件調查表」與「屋頂綠化建築物、結構物調查表」，調查人員依據屋頂綠化設施調查之依循，其表格內容如表 3-3、表 3-4 所示，以下針對其相關內容進行說明。

(一)調查範圍：以整體之屋頂綠化自然環境條件與建築結構物為原則，自然環境條件包含建地背景、氣象條件、風力影響、其他外在影響…等；建築結構包含建築結構基本資料、建物構造形式與建築物硬體設備…等。

(二)調查方式：計畫人員之訪談與現地調查。

表 3- 3 屋頂綠化之建築物、結構物調查表

建築物結構資料				
建築物用途	<input type="checkbox"/> 公共集會類 <input type="checkbox"/> 工業、倉儲類 <input type="checkbox"/> 宗教、殯葬類 <input type="checkbox"/> 辦公、服務類		<input type="checkbox"/> 商業類 <input type="checkbox"/> 休閒、文教類 <input type="checkbox"/> 衛生、福利、更生類 <input type="checkbox"/> 住宿類	
屋頂使用	<input type="checkbox"/> 開放 <input type="checkbox"/> 不開放		有無增建	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
設計圖	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		屋齡	年
構造形式	<input type="checkbox"/> 木造 <input type="checkbox"/> 磚造 <input type="checkbox"/> 鋼筋混凝土(RC) <input type="checkbox"/> 鋼構 <input type="checkbox"/> 鋼骨鋼筋混凝土(SRC) <input type="checkbox"/> 輕型鋼結構(備註：)			
建築物概要	屋頂面積： m ² 容積率： % 建蔽率： % 樓 數： 層 塔屋 層，地下 層 建物高度： m 防火指定 <input type="checkbox"/> 防火 <input type="checkbox"/> 準防火 <input type="checkbox"/> 未指定			
女兒牆高度	m		下方樓層用途	教室
承載載重	土壤： kg/m ² 樹木： kg/m ² 建築材料：(石材： kg/m ² 水體： kg/m ² 備註：			
樑柱鋼筋鏽蝕	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		樑柱有裂縫或滲水	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無
建築物硬體設備				
排水設備	排水方法：			
排水坡度	%	排水孔	直徑：	個數：
防水設備	防水層： <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無		修改情況	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 部分 <input type="checkbox"/> 全面
給水設備	灑水頭 <input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無 (備註：)			
電力設備	照明設備： 座；插座： 個；可用電力容量：			
備註	檢查人： 檢查日期： 年 月 日			

(資料來源:本研究整理)

表 3- 4 屋頂綠化之自然環境調查表

建地背景	<input type="checkbox"/> 市區 <input type="checkbox"/> 市郊 <input type="checkbox"/> 臨海 <input type="checkbox"/> 平地鄉村 <input type="checkbox"/> 山區
風力影響	
大樓風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小 (備註：)
颱風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小 (備註：)
海風	<input type="checkbox"/> 影響大 <input type="checkbox"/> 影響普通 <input type="checkbox"/> 影響小 (備註：)
其他外在影響	
周邊生物 分布情形	自生性植物： 當地鳥類： 當地昆蟲： 其他
周邊其他狀況	A. 確保隱私必要性(<input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) B. 確保日照必要性(<input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) C. 掉落物、落葉、毛蟲和鳥害的問題(<input type="checkbox"/> 無、 <input type="checkbox"/> 有) D. 其他：
備註	

(資料來源:本研究整理)

三、屋頂綠化維護管理調查表

本「屋頂綠化維護管理調查表」主要以計畫人員電訪方式勾選與利用現地勘查方式調查，以了解屋頂綠化期間有無發生重大的狀況，或是管理期間的植栽情況是否優良，其內容包括下列項目如表 3-5 所示，各項內容說明如下

(一)綜合營運管理：綜合管理層級、管理方法、是否結合雨水收集回收利用。

(二)景觀修剪：管理層級、管理頻率、管理方式、管理費用。

(三)澆灌管理：管理層級、管理頻率、管理方式、使用水源、使用水量、管理費用。

(四)蟲害施肥管理：管理層級、管理頻率、管理方式、使用藥品、管理費用。

(五)營運期間重大事件：拆除、淹水、建築物漏水…等。

表 3- 5 屋頂綠化維護管理調查表

綜合營運管理	
綜合管理層級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持
管理方法	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他
管理負責人員	
1. 是否結合再生能源或雨水回收： <input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()	
2. 目前使用問題：	
維護管理項目	
景觀修剪	管理層級 <input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持
	管理頻率 <input type="checkbox"/> 每日 <input type="checkbox"/> 每週 <input type="checkbox"/> 每月 <input type="checkbox"/> 其他：
	管理方式 <input type="checkbox"/> 全自動 <input type="checkbox"/> 人工 <input type="checkbox"/> 合併 <input type="checkbox"/> 非電動器具 <input type="checkbox"/> 電動器具 <input type="checkbox"/> 其他：
	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他
	負責人員
	管理費用 每月： 元；每年： 元
澆灌管理	管理層級 <input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持
	管理頻率 <input type="checkbox"/> 每日 <input type="checkbox"/> 每週 <input type="checkbox"/> 每月 <input type="checkbox"/> 其他：
	管理方式 <input type="checkbox"/> 全自動 <input type="checkbox"/> 人工 <input type="checkbox"/> 合併 <input type="checkbox"/> 非電動器具 <input type="checkbox"/> 電動器具 <input type="checkbox"/> 其他：
	<input type="checkbox"/> 全部直接管理 <input type="checkbox"/> 全部委託管理 <input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託 <input type="checkbox"/> 其他
	負責人員
	使用水源 <input type="checkbox"/> 自來水 <input type="checkbox"/> 收集雨水 <input type="checkbox"/> 回收水 <input type="checkbox"/> 其他：
	使用水量 每次： (公升；度)
管理費用 每月： 元；每年： 元	
蟲害管理	管理層級 <input type="checkbox"/> 隨時維持景觀 <input type="checkbox"/> 適時維持景觀 <input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去) <input type="checkbox"/> 最低限度維持
	管理頻率 <input type="checkbox"/> 每日 <input type="checkbox"/> 每週 <input type="checkbox"/> 每月 <input type="checkbox"/> 其他：
	管理方式 <input type="checkbox"/> 全自動 <input type="checkbox"/> 人工 <input type="checkbox"/> 合併 <input type="checkbox"/> 非電動器具 <input type="checkbox"/> 電動器具 <input type="checkbox"/> 其他：

		<input type="checkbox"/> 全部直接管理	<input type="checkbox"/> 全部委託管理
		<input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託	<input type="checkbox"/> 其他
	負責人員		
	使用藥品		
	管理費用	每月： 元；每年： 元	
施肥管理	管理層級	<input type="checkbox"/> 隨時維持景觀	<input type="checkbox"/> 適時維持景觀
		<input type="checkbox"/> 維持普通程度(看得過去)	<input type="checkbox"/> 最低限度維持
	管理頻率	<input type="checkbox"/> 每日 <input type="checkbox"/> 每週 <input type="checkbox"/> 每月 <input type="checkbox"/> 其他：	
	管理方式	<input type="checkbox"/> 全自動 <input type="checkbox"/> 人工 <input type="checkbox"/> 合併	
		<input type="checkbox"/> 非電動器具 <input type="checkbox"/> 電動器具 <input type="checkbox"/> 其他：	
		<input type="checkbox"/> 全部直接管理	<input type="checkbox"/> 全部委託管理
		<input type="checkbox"/> 部份直接管理部份委託	<input type="checkbox"/> 其他
負責人員			
使用藥品			
管理費用	每月： 元；每年： 元		
營運期間重大事件			
<input type="checkbox"/> 拆除 <input type="checkbox"/> 重新施工 <input type="checkbox"/> 建築物漏水 <input type="checkbox"/> 結構安全 <input type="checkbox"/> 刑事或民事糾紛 <input type="checkbox"/> 淹水或乾旱 <input type="checkbox"/> 更換介質 <input type="checkbox"/> 更換植栽 <input type="checkbox"/> 更換工法 <input type="checkbox"/> 其他：			
事件描述：			

(資料來源:本研究整理)

參、現地調查作業流程

為了提升調查效率及減少因為人為疏失所造成的錯誤，特擬定現場標準作業調查作業之流程，說明如下。

(一)目的：依據準則以「服務建議書」為準，為提升調查效率及減低錯誤，本計畫擬定標準作業流程，且於現勘時，各員組將會勘現場並詢問相關人員已於完畢後討論檢討，統一現場調查之作業程序。

(二)調查前製作業：資料收集及設備整備、人員編組與行前訓練、行程路徑規畫、行前資料與設備確認。

(三)調查作業：調查範圍、調查方式、現場調查記錄。

(四)調查後資料之整理：調查資料正確性與調查資料之彙整。

(五)現場調查之行程安排：本工作團隊依照台灣地區之地理區域及工作團隊之人力，安排現場調查之行程，於四月~八月進行現勘。

第二節 現況調查評估分析

本節整理現況調查結過，分類與統計各現堪調查表表資料，並提出現有屋頂綠化維護管理問題評估。

壹、調查結果

以下表格為屋頂綠化現地勘查基本資料總表(表 3-7)及屋頂綠化現地勘查維護管理總表(表 3-8)。

表 3- 6 屋頂綠化現地勘察基本資料總表

編號	單位	系統照片	屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
北 1	劍潭里活動中心		平屋頂	景觀、降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR 板	草坪、花、景天、蔓藤	99~75%	良好	
北 5	台北市吳興國小		平屋頂	景觀、教學、降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR 板	草坪、花	99~75%	不良	拆除
北 7	台北市護國禪寺		斜屋頂	降溫	薄層型	土壤：泥炭土 過濾層：不織布 排水層：無	草坪	74~50%	普通	
北 9	信義區公所		平屋頂	景觀、降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR 板	草坪、花、景天	99~75%	良好	
北 11-1	信義國中警衛室	/	平屋頂	降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布	草坪	99~75%	普通	拆除
北 11-2	信義國中童訓場		斜屋頂	景觀、降溫、教學	薄層型	土壤：輕質土 排水層	草坪	99~75%	普通	倒塌

北 11-3	信義國中 環保站		斜屋頂	降溫	薄層型	土壤：輕質土	草坪	49~25%	不良	
北 11-4	信義國中 活動中心		平屋頂	景觀、降 溫、教 學、遊憩	薄層型	土壤：輕質土 排水層：排保水板	草坪	100%	非常 良好	
北 12	北投圖書 館		斜屋頂	景觀、降 溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：碎石	景天、草坪	100%	非常 良好	
北 13	台北市公 務人員訓 練中心		斜屋頂	景觀、降 溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：碎石	草坪	99~75%	良好	
北 17	圓山飯店		平屋頂	景觀、降 溫	組合型	土壤：椰纖、陽明 土、珍珠石、蛭石	草坪、藤 蔓、灌木、 喬木	99~75%	良好	
北 27	新北市佐 賀社區		平屋頂	景觀、降 溫、遊憩	組合型	土壤：椰纖土、山 土	藤蔓、地瓜 葉	99~75%	良好	
北 30	新北市臨 江仙社區		平屋頂	景觀、降 溫、遊憩	薄層型	土壤：泥炭苔、發 泡煉石、水陶石	草坪、藤 蔓、灌木、 蕨類	99~75%	非常 良好	
北 31	忠義國小		平屋頂	降溫、教	薄層型	土壤：植生陶石、	草坪、喬	100%	非常	

				學		有機質土、保綠人造土、粗砂 過濾層：水陶石 排水層：排保水板 搭配水陶石圍邊排水	木、灌木		良好	
北 34	花園新城社區		平屋頂	景觀、降溫、遊憩	薄層型	土壤：砂質土 過濾層：PP 植生布 排水層：抗根型改質瀝青防水毯及排保水板	草坪、喬木、灌木、藤蔓	74~50%	良好	
北 35	永和區公所		平屋頂	降溫	薄層型	土壤：泥炭土、珍珠石、蛭石	灌木、藤蔓	100%	良好	
北 36	三德活動中心		平屋頂	降溫	薄層型	土壤：植生陶石、有機質土、保綠人造土 排水層：GR 排保水版	藤蔓、灌木、喬木、水生、蕨類	100%	非常良好	
北 38	海山高中		平屋頂	降溫、教學	薄層型	土壤：田土、有機土、碳化稻殼 過濾層：不織布 排水層：薄塑膠布	地被植物、喬木、灌木	99~75%	不良	

南 4	成大魔法學校		斜屋頂	降溫、教學	組合型	土壤：陶粒	灌木	99~75%	非常良好	
-----	--------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----	-------	-----	-------	----	--------	------	--

(資料來源:本研究整理)

表 3- 7 屋頂綠化現地勘察維護管理總表

編號	單位	綜合管理層級/方法	再生能源或雨水回收	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
				層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
北 1	劍潭里活動中心	隨時	雨水回收	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	無
北 5	吳興國小	最低	無	最低	/	/	適時	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	漏水、淹水
北 7	護國禪寺	最低	無	最低	/	/	隨時	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	拆除
北 9	信義區公所	隨時	雨水回收、太陽能	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每季	人工	更換植栽
北 11-1	信義國中警衛室	適時	雨水回收	適時	每月	人工	隨時	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	漏水、拆除
北 11-2	信義國中童訓場	最低	無	最低	半年	人工	最低	每週	機械	最低	/	/	最低	/	/	倒塌/重新施工
北 11-3	信義國中環保站	最低	無	最低	半年	/	最低	/	/	最低	/	/	最低	/	/	
北 11-4	信義國中活動中心	適時	無	適時	最低	人工	適時	每日	人工	最低	/	人工	最低	/	人工	漏水、淹水

北 12	北投圖書館	適時	雨水回收、太陽能	最低	每年	人工	最低	其他	人工	最低	/	/	最低	/	/	乾旱
北 13	台北市公務人員訓練中心	適時	無	適時	每年	人工	適時	每日	機械	適時	/	/	適時	/	人工	漏水
北 17	圓山飯店	適時	無	隨時	每日	人工	隨時	每日	綜合	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	更換植栽
北 27	新北市佐賀社區	隨時	無	隨時	每日	人工	隨時	每日	綜合	適時	每日	人工	適時	每周	人工	更換植栽
北 30	新北市臨江仙社區	隨時	無	隨時	其他	人工	隨時	每日	機械	隨時	其他	人工	隨時	其他	人工	
北 31	忠義國小	適時	無	適時	每月	人工	適時	每日	綜合	隨時	每日	人工	普通	其他	人工	
北 34	花園新城社區	適時	無	適時	每周	人工	最低	每周	人工	適時	其他	人工	適時	其他	人工	更換植栽
北 35	永和區公所	普通	無	最低	每月	人工	適時	每日	機械	最低	每周	人工	最低	每月	人工	淹水
北 36	三德活動中心	隨時	雨水回收、太陽能	適時	每月	人工	隨時	每日	機械	最低	/	人工	適時	每周	綜合	
北 38	海山高中	最低	無	最低	/	人工	最低	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	漏水、淹水
南 4	成大魔法學校	最低	雨水回收、太	最低	/	人工	普通	每周	機械	最低	/	/	最低	/	/	

			陽能、 風力													
--	--	--	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(資料來源:本研究整理)

表 3- 8 屋頂形式及使用型態統計

屋頂形式		使用型態(重複計算)			
平屋頂	斜屋頂	景觀	降溫	教學	遊憩
13	6	12	19	6	4

(資料來源:本研究整理)

表 3- 9 綜合管理統計

管理層級				管理方法			再生 能源	雨水 利用
隨時維 持景觀	適時維 持景觀	維持普 通程度	最低限 度維持	全部直 接管理	全部委 託管理	部分直 接部份 委託		
5	7	1	6	13	1	2	5	6

(資料來源:本研究整理)

表 3- 10 景觀修剪管理統計

管理層級				管理方法				
隨時維 持景觀	適時維 持景觀	維持普 通程度	最低限 度維持	全部直 接管理	全部委 託管理	部分直 接部份 委託	人工(重 複)	自動(重 複)
5	6	0	8	8	0	2	11	0

(資料來源:本研究整理)

表 3- 11 澆灌管理統計

管理層級				管理方法					雨水 利用
隨時維 持景觀	適時維 持景觀	維持普 通程度	最低限 度維持	全部直 接管理	全部委 託管理	部分直 接部份 委託	人工 (重複)	自動 (重複)	
8	5	1	5	9	0	2	7	10	6

(資料來源:本研究整理)

表 3- 12 蟲害管理統計

管理層級				管理方法					藥品 使用
隨時維 持景觀	適時維 持景觀	維持普 通程度	最低限 度維持	全部直 接管理	全部委 託管理	部份直 接管理 部份委 託	人工 (重複)	自動 (重複)	
5	3	0	11	7	1	2	9	0	1

(資料來源:本研究整理)

表 3- 13 施肥管理統計

管理層級				管理方法					藥品 使用
隨時維 持景觀	適時維 持景觀	維持普 通程度	最低限 度維持	全部直 接管理	全部委 託管理	部份直 接管理 部份委 託	人工 (重複)	自動 (重複)	
4	4	1	10	7	2	0	11	1	2

(資料來源:本研究整理)

貳、問題評估

本研究利用調查結果，分別針對以下提出具代表性之案例。

一、維護管理良好之屋頂綠化

二、具風險之屋頂綠化

一、維護管理良好之屋頂綠化

依照維護管理層級，分為：

(一)高維護管理

(二)一般維護管理

(三)與低維護管理

不論是那一種層級之維護管理，都具有將屋頂綠化保持良好之潛力。以下分別針對維護管理良好之屋頂綠化進行介紹。

(一)高維護管理

1. 台北市圓山飯店

圓山飯店創立於民國 41 年(西元 1952 年)，十四層宮殿式大樓，前臨基隆河、後倚陽明山，為台北市的代表地標之一。圓山飯店於凸樓四樓之戶外平台利用組合型盆栽設立屋頂綠化，如下圖所示。其總工程費約 150 萬新台幣。屋頂綠化面積為 400 平方公尺，其使用目標為增加飯店房間視野景觀及降低室內溫度。

圓山飯店屋頂綠化管理屬於高度維護管理。隨時維護屋頂綠化景觀，並有專責人員(園藝班)定時巡視。飯店並針對特殊期節更改屋頂綠化之擺設，如：配合台北國際花卉博覽會、飯店 60 周年慶等活動。

圓山飯店屋頂綠化維護管理表如下表所示。該屋頂綠化維護管理費用每年約 30 萬左右。飯店提供其管理費用細節如下：

景觀修剪：每年 100,000 元

澆灌用水：每月 10,000

蟲害管理：每年 30,000 元

施肥管理：每年 50,000 元

該屋頂綠化因考量飯店整體形象及顧客感官，非常細心且投入大量人力與資源進行維護，屬現地調查高維護管理良好屋頂綠化的典範。



圖 3- 1 圓山飯店屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 14 圓山飯店屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
平屋頂	景觀、降溫	組合型	土壤：椰纖、陽明土、珍珠石、蛭石	草坪、藤蔓、灌木、喬木	75~99%	良好	

(資料來源:本研究整理)

表 3- 15 圓山飯店屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
隨時	隨時	每日	人工	隨時	每日	綜合	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	更換植栽

(資料來源:本研究整理)

(二)一般維護管理

1. 台北市信義國中活動中心

台北市信義國中位於台北市信義區松仁路，屬於信義計畫區一部分。信義國中國民 99 年期間於校內活動中心頂樓設立了薄層型屋頂綠化，如下圖所示。該屋頂綠化面積約為 370 平方公尺，其使用目標為景觀、降溫、教學及遊憩。其屋頂綠化規劃設計委託台北市錫瑠環境綠化基金會進行。

信義國中設置屋頂綠化的初期，即出現維護管理人員的缺乏及責任歸屬的問題，該校在集思廣益過後，決定結合校內的社區大學，提供社區大學的市民學員們一個都市農園的計畫。該屋頂綠化植物覆蓋程度及生長情況都非常良好。

並且，該屋頂綠化因著志工的熱情參與下，並結合耐旱植栽栽種情況下，降低其澆灌用水。使得該屋頂綠化維護管理費用除水費外，並未對學校造成任何額外的負擔。屬現地調查一般維護管理良好屋頂綠化的典範。



圖 3- 2 台北市信義國中活動中心屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 16 台北市信義國中活動中心屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
平屋頂	景觀、降溫、教學、遊憩	薄層型	土壤：輕質土 排水層：排保水板	草坪	80%	非常良好	

(資料來源:本研究整理)

表 3- 17 台北市信義國中活動中心屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
適時	適時	最低	人工	適時	每日	人工	最低	/	人工	最低	/	人工	漏水、淹水

(資料來源:本研究整理)

2. 台北市信義區公所

台北市信義區公所位於台北市信義區信義路五段，屬於信義計畫區一部分。信義區公所民國 98~99 年期間於綜合辦公大樓頂樓設立了薄層型屋頂綠化，如下圖所示。該屋頂綠化面積約為 800 平方公尺，其使用目標為景觀與降溫。其屋頂綠化規劃設計委託台北市錫瑠環境綠化基金會進行。

信義區公所屋頂綠化維護管理主要由公所工友負責，並開放公所員工認養種植蔬菜。該屋頂綠化並結合了雨水貯集系統進行澆灌，降低澆灌所需費用。屬現地調查一般維護管理良好屋頂綠化的典範。



圖 3- 3 台北市信義區公所屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 18 台北市信義區公所屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
平屋頂	景觀、降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：GR 板、生長座	草坪、花、景天	99~75%	良好	

(資料來源:本研究整理)

表 3- 19 台北市信義區公所屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
隨時	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每日	人工	隨時	每季	人工	更換植栽

(資料來源:本研究整理)

(三)低維護管理

1. 台北市信義國中童訓場

台北市信義國中位於台北市信義區松仁路，屬於信義計畫區一部分。信義國中民國 98 年期間於校內戶外通軍訓練中心設立了薄層型屋頂綠化，如下圖所示。該屋頂綠化面積約為 98 平方公尺，其使用目標為景觀、降溫及教學。其屋頂綠化規劃設計委託台北市錫瑠環境綠化基金會進行。

童訓場設置屋頂綠化的初期，出現安全性的問題，於下一小節說明。

童訓場屋頂綠化管理維護屬於低維護管理，僅按時供水，並且於必要時修剪。並未對學校造成的負擔。屬現地調查低維護管理良好屋頂綠化的典範。



圖 3- 4 台北市信義國中童訓場屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 20 台北市信義國中童訓場屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
斜屋頂	景觀、降溫、教學	薄層型	土壤：輕質土 排水層	草坪	99~75%	普通	倒塌/ 重新施工

(資料來源:本研究整理)

表 3- 21 台北市信義國中童訓場屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/ 用藥	層級	頻率	方法/ 用藥	
最低	最低	半年	人工	最低	每週	機械	最低	/	/	最低	/	/	倒塌/ 重新施工

(資料來源:本研究整理)

二、具風險之屋頂綠化

依照屋頂綠化衍生問題的原因與現象，分為：

(一)設計規劃及建構問題

(二)維護管理問題

(一)設計規劃及建構問題

1. 台北市信義國中童訓場(初期)

信義國中童訓場設置屋頂綠化的初期，因結構載重計算並未確實，曾造成該屋頂綠化鐵皮屋頂倒塌。

因此，屋頂綠化初始設計規劃及建構時，需仔細考量負載建築物之結構強度，安全無虞之下才可進行施作。

2. 新北市花園新城社區

新北市花園新城社區位於新北市新店區新烏路上，該社區為台灣早期山坡地開發之大型

住宅社區，集合式住宅約三十餘棟、獨立住宅十棟。除住宅為 RC 磚造建築外多為樹林，為新北市少有之森林住宅。該社區將社區管委會及便利商店所在建築之屋頂，規劃為薄層型屋頂綠化實施基地，位於進入社區入口處，供管委會、長青會、公車司機休息室、老人用餐設施及便利商店等使用。該屋頂綠化面積約為 150 平方公尺，其使用目標為景觀、降溫及遊憩。

該屋頂綠化建構初期，因選用植栽與介質不適當，造成生長情況不良之情況。該社區位於冬季迎風面山區，雨量豐沛，但由於該屋頂綠化選用保水性強、通氣性弱的介質，植栽根系因過於潮濕而腐爛，造成植栽生長不良甚至死亡。



圖 3- 5 新北市花園新城屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 22 新北市花園新城屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
平屋頂	景觀、降溫、遊憩	薄層型	土壤：砂質土 過濾層：PP 植生布 排水層：抗根型改質瀝青防水毯及排保水板	草坪、喬木、灌木、藤蔓	74~50%	良好	更換植栽

(資料來源:本研究整理)

表 3- 23 新北市花園新城屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
適時	適時	每周	人工	最低	每周	人工	適時	其他	人工	適時	其他	人工	更換植栽

(資料來源:本研究整理)

(二)維護管理問題

1. 台北市北投圖書館

台北市北投圖書館位於新北投捷運站附近，為全臺灣第一座綠建築圖書館。圖書館就位在林木茂密、生態環境豐富的北投公園裡面，和溫泉博物館為鄰。這座圖書館榮獲 EEWB 綠建築證書，建築物採用大片落地窗，大量的利用自然光線，並巧妙地向大自然借景。建築物以木構造為主，搭配鋼材，外觀像是一座大型的高架樹屋。圖書館屋頂除設有屋頂綠化，亦設置太陽能光電板發電，經過白天日光照射後可儲存 16 千瓦的電力。屋頂綠化面積約為 200 平方公尺。

北投圖書館屋頂綠化遭遇兩個主要的問題。首先，因該屋頂為斜屋頂，當暴雨時雨水沖刷屋頂綠化造成土壤流失，植栽難有良好生長環境；再者，該屋頂綠化因澆灌維護管理未能適時操作，在土壤已流失的情況下屋頂綠化植栽更易枯萎。



圖 3- 6 台北市北投圖書館屋頂綠化

(資料來源:台北市立圖書館全球資訊網)

表 3- 24 台北市北投圖書館屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
斜屋頂	景觀、降溫	薄層型	土壤：輕質土 過濾層：不織布 排水層：碎石	景天、草坪	100%	非常良好	乾旱

(資料來源:本研究整理)

表 3- 25 新北市花園新城屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
適時	最低	每年	人工	最低	其他	人工	最低	/	/	最低	/	/	乾旱

(資料來源:本研究整理)

2. 台北市吳興國小

台北市吳興國小位於台北市信義區松仁路。吳興國中華民國 98 年期間於校內活動中心頂樓設立了薄層型屋頂綠化，如下圖所示。該屋頂綠化面積約為 300 平方公尺，其使用目標為景觀、降溫及教學。其屋頂綠化規劃設計委託台北市錫瑠環境綠化基金會進行。

信義國中設置屋頂綠化的初期，該屋頂綠化維持相當良好。但隨著時間及負責人員的更換，維護管理開始出現了漏洞。其主要原因為未建立一套屋頂綠化管理政策，使負責人員可以照該管理政策進行維護管理。缺乏管理之下的屋頂綠化已雜草叢生，甚至有些植栽已隨著流失的土壤，在未有設置防根層的屋頂面生長及竄根，造成下方教室漏水，不得以規劃明年度拆除。



圖 3- 7 台北市吳興國小屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 26 台北市吳興國小屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
平屋頂	景觀、教學、降溫	薄層型	土壤：輕質改良土 過濾層：不織布 排水層：GR 板	草坪、花	99~75%	不良	明年即將拆除

(資料來源:本研究整理)

表 3- 27 台北市吳興國小屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
最低	最低	/	/	適時	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	漏水、淹水

(資料來源:本研究整理)

3. 台北市護國禪寺

台北市護國禪寺位於圓山公園西側，靠近台北市兒童育樂中心及圓山捷運站。護國禪寺始建於民國前 12 年，並於民國 96 年進行防水工程及增建鐵皮遮陽騎樓。護國禪寺民國 98 年配合國際花卉博覽會於增建鐵皮上進行屋頂綠化工程，該屋頂綠化為台北草草坪，考量結構未設置保水版。該屋頂綠化面積約為 165 平方公尺。

該屋頂綠化已於民國 101 年拆除，其主要原因為植物枯萎及維護管理不良。雖然該屋頂綠化具有灑水系統，但因灑水面積有限及具有撒水死角，造成一部分屋頂綠化枯萎，如下圖。該屋頂綠化亦因未能有維護管理政策，造成對維護管理沒有正確的瞭解，終至需拆除該屋頂綠化。



(a)澆灌死角



(b)拆除

圖 3- 8 台北市護國禪寺屋頂綠化

(資料來源:本研究整理)

表 3- 28 台北市護國禪寺屋頂綠化基本資料表

屋頂形式	使用型態	綠化型態	綠化材質	綠化植栽	植栽覆蓋程度	生長情況	其他
斜屋頂	降溫	薄層型	土壤：泥炭土 過濾層：不織布 排水層：無	草坪	74~50%	普通	拆除

(資料來源:本研究整理)

表 3- 29 台北市護國禪寺屋頂綠化維護管理表

綜合管理層級	景觀修剪管理			澆灌管理			蟲害管理			施肥管理			營運期間重大事件
	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法	層級	頻率	方法/用藥	層級	頻率	方法/用藥	
最低	最低	/	/	隨時	每日	機械	最低	/	/	最低	/	/	拆除

(資料來源:本研究整理)

第四章 屋頂綠化雨水利用系統規劃

屋頂綠化需要許多水源做為澆灌用水，但現今屋頂綠化大多使用自來水做為澆灌水源。台灣為多雨國家，可善收集再利用雨水做為屋頂綠化之澆灌用水，能節省自來水水源。雨水回收再利用在台灣行之有年，以往雨水標的以沖廁為主，如表 4-1 所示，而屋頂綠化結合雨水容量設計少有研究。故本計畫以屋頂綠化結合雨水容量計算，利用屋頂綠化入流量、需求量及取水模式，建立雨水貯集容量設計之方法。

表 4- 1 雨水貯集系統比較

	系統入流	系統供給
傳統雨水貯集 容量設計	僅受屋頂結構表面影響	沖廁 (依使用人數為固定值)
屋頂綠化結合雨水 貯集容量設計	受屋頂綠化植栽、介質等影響	澆灌 (隨季節及每日氣象改變)

(資料來源：本研究整理)

本研究利用屋頂綠化結合雨水貯集系統之入流量估算、需水量估算，結合取水模式建立雨水貯集容量設計之方法。設計方法基本架構如圖 4-2 所示。

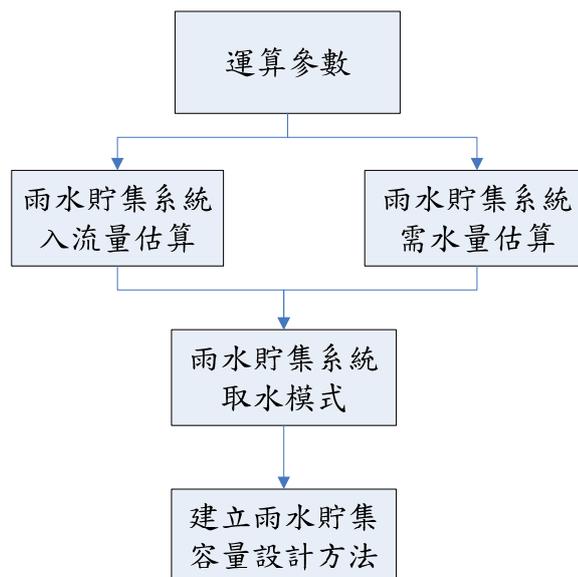


圖 4- 1 屋頂綠化雨水利用系統規劃基本圖

(資料來源：本研究整理)

第一節 屋頂綠化雨水貯集系統入流量估算方法

本研究欲估算屋頂綠化雨水貯集系統入流量，可依據方法類型分為：量測法及估算法。

以下分項介紹。

壹、量測法

屋頂綠化對水文之影響，可藉由物理試驗量測這些變化，分析屋頂綠化水文方面之影響（包括保水量、逕流量等）。逕流減少量可利用綠建築基地保水指標進行探討，而本計劃聚焦於雨水貯集系統入流量，暫不探討保水效益。本研究以內政部建築研究所 99 年「屋頂綠化建構技術之研究」設計之試驗方法與成果為基礎進行介紹。

1. 試驗器材

室內屋頂綠化降雨逕流試驗模型分為三大部分：人工降雨模擬系統、試體單元及觀測系統，模型如下圖所示並分項說明：

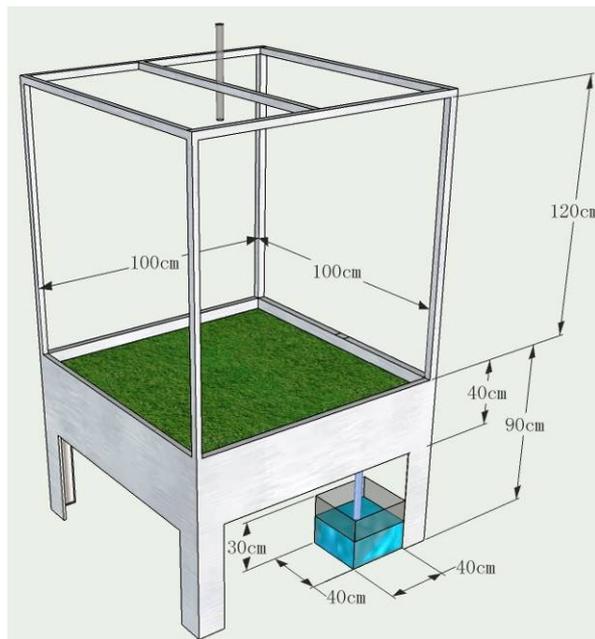


圖 4- 2 屋頂綠化逕流模擬量測系統

(資料來源：本研究整理)

(1)人工降雨模擬系統

降雨強度區間為 20~80mm/hr，最大設計降雨強度為台北市市區道路工程設計標準(台北

市政府工務局，1976)之 5 年降雨頻率，降雨延時 60 分鐘，觀察降雨強度對降雨逕流之影響。人工降雨模擬系統採抽水馬達抽水，並藉由調整其壓力改變噴頭出水強度，使其能達到所欲之降雨強度。

(2) 試驗單元

試驗單為 1 m^2 ，並且設置可使試驗單元調整角度之功能。試驗單元底部及土壤厚度上緣打孔，以利降雨逕流及滲流流出。工法參考台灣目前較常使用之「薄層型屋頂綠化」，其排保水層可蓄積水份協助植物度過乾旱，降雨過多的水份則順著特殊設計的溝槽排出。

(3) 觀測系統

為考量觀測系統的操作的方便性及觀測值的準確性，觀測系統為稱重式，由重量傳感器（精度 0.02kg ）不間斷監測以提供逕流流量值，並利用電腦每秒鐘自動紀錄一次。

2. 量測方法

步驟 1：試體鋪設

步驟 2：前置調整

試驗進行前，調整傾斜角度作選擇並進行調整。試驗前，進行噴灌測試，取得設計之需求強度，使用人工模擬器降雨，並調整壓力閥至需求降雨強度。

步驟 3：試驗觀測

進行模擬降雨，並利用電腦每秒鐘自動記錄逕流量。

步驟 4：數據分析

利用觀測到之直接逕流量，轉換成累積逕流量，並繪製直接逕流歷線及累積逕流歷線；利用累積逕流量之差值，換算出屋頂綠化所提供之保水量，並繪製保水量歷線。

3. 計算逕流轉換係數

集水區在計算最大蓄水量時，通常考慮其逕流體積轉換係數，其定義為：總逕流體積與總降雨體積之比值，其式可表為：

$$C' = \frac{\sum Q}{\sum P} \quad (4-1)$$

式中， C' 逕流體積轉換係數， $\sum Q$ 為總逕流體積， $\sum P$ 為總降雨體積。 C' 值受土壤類別、水文臨前狀況、土地利用狀況雨水土保持工程措施等因素，通常可由查閱圖表得之。

由上述所列算式，根據物理試驗之結果可計算不同綠化介質厚度、傾斜角度進行 C' 值之計算如下：

表 4- 2 屋頂綠化逕流係數(量測法)

C'	角度	降雨強度 mm/hr			平均
		29.76	50.88	78.85	
未綠化	0 度	0.99	0.97	0.86	0.94
	10 度	0.97	0.97	0.96	0.97
	20 度	0.99	1.00	0.88	0.97
	30 度	0.95	0.96	0.84	0.92
	平均	0.97	0.98	0.89	0.95
10cm 假儉草綠化	0 度	0.71	0.92	0.81	0.82
	10 度	0.84	0.77	0.89	0.84
	20 度	0.88	0.93	0.84	0.88
	30 度	0.90	0.93	0.82	0.88
	平均	0.83	0.89	0.84	0.85
20cm 假儉草綠化	0 度	0.65	0.77	0.78	0.73
	10 度	0.48	0.71	0.68	0.62
	20 度	0.51	0.69	0.60	0.60
	30 度	0.72	0.69	0.64	0.68
	平均	0.59	0.72	0.68	0.66

(資料來源:本研究整理及屋頂綠化建構技術之研究，2010)

屋頂綠化結合雨水貯集系統容量設計時，其入流量可依照量測法歸納出之降雨逕流係數進行規劃與設計。

貳、估算法

除了使用量測法探討屋頂綠化雨水系統入流量之外，亦可使用估算法。估算法可利用水文學中合理化公式(Rational Formula)，其公式在水文學中常使用於計算集水區逕流量。該公式表為：

$$Q = C i A \quad (4-2)$$

式中 Q 為逕流量； C 為逕流係數，該係數反映集水區降雨損失之無因次係數； i 為降雨強度； A 為集水區面積。如何選擇適合的逕流係數 C ，成為設計的關鍵。下表所列為工程設計所常用之逕流係數數值；對於高重現期的暴雨，因入滲及其他降雨損失已降低，故應選用較高的逕流係數值。表中所列的逕流係數為集水區臨前土壤水分，呈現一般平均值之情況；若考慮

連續暴雨或長時距暴雨應使用較高之逕流係數。探討屋頂綠化雨水系統入流量時，可利用合理化公式並查詢表格，計算該屋頂綠化雨水系統之入流量。

表 4- 3 屋頂綠化逕流係數(估算法)

鋪面種類	回歸期(年)						
	2	5	10	25	50	100	500
開發後							
瀝青	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
混凝土/屋頂	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
草地(草坪, 公園, 等)							
不良環境(草地覆蓋率小於 50%)							
低 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
平均 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
高 大於 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
普通環境(草地覆蓋率介於 50% - 75%)							
低 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
平均 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
高 大於 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
優良環境(草地覆蓋率大於 75%)							
低 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
平均 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
高 大於 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
未開發前							
耕地							
低 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
平均 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
高 大於 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
牧場/靶場							
低 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
平均 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
高 大於 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
森林/林地							
低 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
平均 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
高 大於 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

(資料來源:Chow et al., 1988)

第二節 屋頂綠化雨水貯集系統供給量估算方法

本研究欲估算屋頂綠化雨水貯集系統供給量，其供給量為屋頂綠化澆灌所需，亦可視為屋頂綠化蒸發散損失之水分，因此本研究欲估算屋頂綠化雨水貯集系統供給量、即屋頂綠化

蒸發散量；可依據方法類型分為：量測法及估算法。以下分項介紹。

壹、量測法

屋頂綠化蒸發散之影響，可藉由物理試驗量測及經驗公式了解這些變化。。本研究以內政部建築研究所 99 年「屋頂綠化建構技術之研究」設計之試驗方法與成果為基礎進行介紹。

實際量測氣象因子之蒸發散經驗公式進行修正：

$$ET_C = K \times ET_0 \quad (4-3)$$

式中， ET_0 為氣象因子推估蒸發散值， ET_C 為試驗量測蒸發散值，經由計算得出修正值 K 。本節將探討 ET_0 計算方式及 ET_C 蒸發散試驗。

1. 氣象因子蒸發散經驗公式

根據蘇嘉民(2007)指出 Penman-Monteith 蒸發散估算法最適用於台灣地區，Penman-Monteith 蒸發散估算法之勢能蒸發散量 $PET(t)$ 可表示為：

$$PET(t) = \frac{0.408 \times \Delta(t) \times [Rn(t) - S(t)] + \gamma(t) \times \frac{900}{T(t) + 273} \times U(t) \times [e_a(t) - e_d(t)]}{\Delta(t) + [1 + 0.34 \times U(t)] \times \gamma(t)} \quad (4-4)$$

式中 $PET(t)$ 為第 t 天勢能蒸發散量(mm)； $\Delta(t)$ 為第 t 天飽和蒸汽壓力對溫度的梯度(Kpa/°C)； $Rn(t)$ 為第 t 天淨輻射量(MJ/m²)； $S(t)$ 為第 t 天土壤熱通量(MJ/m²)； $\gamma(t)$ 為第 t 天濕度常數(Kpa/°C)； $T(t)$ 為第 t 天平均溫度(°C)； $U(t)$ 為第 t 均風速(m/s)； $e_a(t)$ 為第 t 天飽和蒸汽壓(Kpa)； $e_d(t)$ 為第 t 天蒸汽壓(Kpa)。

其中 $T(t)$ 、 $\Delta(t)$ 、 $S(t)$ 、 $\gamma(t)$ 、 $e_a(t)$ 及 $e_d(t)$ 計算方法如下：

$$T(t) = \frac{T_{\max}(t) + T_{\min}(t)}{2} \quad (4-5)$$

$$\Delta(t) = \frac{4098 \times e_s}{[T(t) + 239.3]^2} = \frac{2504 \exp\left[\frac{17.27 \times T(t)}{T(t) + 237.3}\right]}{[T(t) + 237.3]^2} \quad (4-6)$$

$$e_s = 0.611 \exp \left[\frac{17.27 \times T(t)}{T(t) + 237.3} \right] \quad (4-7)$$

$$S(t) = 0.38 \times [T(t) - T(t-1)] \quad (4-8)$$

$$\gamma(t) = 0.00163 \times \frac{P}{\lambda} = 0.00163 \times \frac{\left[101.3 \times \left(\frac{273 + T(t) - 0.013}{273 + T(t)} \right)^{5.26} \right]}{2.501 - 0.00236 \times T(t)} \quad (4-9)$$

$$e_a(t) = \frac{e_s(T_{\max}(t)) + e_s(T_{\min}(t))}{2} \quad (4-10)$$

$$= 0.3055 \times \left\{ \exp \left[\frac{17.27 \times T_{\max}(t)}{T_{\max}(t) + 237.3} \right] + \exp \left[\frac{17.27 \times T_{\min}(t)}{T_{\min}(t) + 237.3} \right] \right\}$$

$$e_d(t) = 0.611 \times \exp \left[\frac{17.27 \times T_{\min}(t)}{T_{\min}(t) + 237.3} \right] \quad (4-11)$$

式中 e_s 為飽和蒸汽壓力溫度函數(KPa)； $T_{\max}(t)$ 為單日最高溫($^{\circ}\text{C}$)； $T_{\min}(t)$ 為單日最低溫($^{\circ}\text{C}$)。

使用Penman-Monteith公式過程中，需採用淨輻射量 $Rn(t)$ 加以計算，然而台灣地區之氣象站，目前多使用日射量 $R_s(t)$ (MJ/m^2) 之資料，因此需借助相關理論公式將日射量加以轉換為淨輻射量，轉換方程式如下：

$$Rn(t) = (1 - \alpha) \times R_s(t) - \left[1.35 \times \frac{R_s(t)}{R_{so}(t)} - 0.35 \right] \times \left[0.34 - 0.14 \times \sqrt{e_d(t)} \right] \times \sigma \times \frac{T_{k\max}^4(t) + T_{k\min}^4(t)}{2} \quad (4-12)$$

式中 $Rn(t)$ 為第 t 天淨輻射量 (MJ/m^2)； α 為反射率(%)；

$R_s(t)$ 為第 t 天日射量 (MJ/m^2)； $R_{so}(t)$ 為第 t 天晴空輻射量 (MJ/m^2)； σ 為史蒂芬波茲曼 (Stenfan-Boltzmann) 常數 4.9×10^{-9} ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{K}^{-4}$)； $T_{k\max}^4(t)$ 為第 t 天最高絕對溫度， $T_{\max}(t) + 273$ ($^{\circ}\text{K}$)； $T_{k\min}^4(t)$ 為第 t 天最低絕對溫度， $T_{\min}(t) + 273$ ($^{\circ}\text{K}$)。

反射率 α 為日射量在物體表面之反射量與入射量之比例，因地表狀況有所不同，雪地中可高達 0.95，而濕裸地則可低至 0.05，大部份綠色植物覆蓋地約 0.20~0.25 之間，故本研究將蒸發散量 α 訂為 0.23。

$$R_{so}(t) = (0.75 + 4 \times 10^{-5}) \times R_a(t) \quad (4-13)$$

式中 $R_a(t)$ 為第t天外大氣層之水平輻射量(MJ/m²)

其估算方法如下：

$$R_a(t) = 37.6 \times dr(t) \times [W_s(t) \times \sin \phi \times \sin \delta + \cos \phi \times \cos \delta \times \sin W_s(t)] \quad (4-14)$$

$$W_s(t) = \cos^{-1}(-\tan \phi \times \tan \delta) \quad (4-15)$$

$$dr(t) = 1 + 0.033 \times \cos(0.0172 \times j) \quad (4-16)$$

$$\delta(t) = 0.409 \times \sin(0.0172 \times j - 1.39) \quad (4-17)$$

式中， $W_s(t)$ 為日落時角(rad)； $dr(t)$ 為第t天地球與太陽之相對距離； $\delta(t)$ 為第t天太陽赤緯，即太陽入射線與赤道面之夾角(rad)； ϕ 為緯度(rad)； j 為一年中估算期間所需之天數順序。

2. 蒸發散物理量測方式

蒸發散其氣象資料擷取系統及重量感測系統試驗操作步驟，作以下分項說明。

步驟 1：試體鋪設

依照試驗配置項目介質厚度作選擇並進行鋪設，及於假儉草或未植栽種類作選擇進行栽種。

步驟 2：前置調整

蒸發散試驗因為連續試驗，因此須選定固定、穩定及干擾較少的地點施作。

步驟 3：試驗觀測

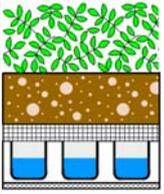
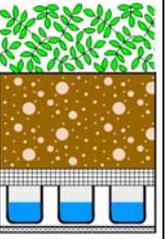
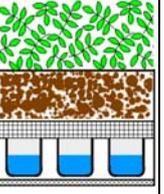
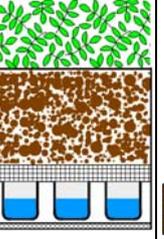
試體於每日早上及下午各量一次，相隔八小時，觀察其失去重量即為其蒸發散量，並收集氣象觀測系統之氣象資料以利推估比較。

步驟 4：數據分析

試驗後將蒸發散量數據整理分析分別以蒸發散量測、氣象資料推估及理論值作比較。經

由計算得出屋頂綠化蒸發散修正係數 K 值如下：

表 4- 4 屋頂綠化蒸發散修正係數

編號	A	B	C	D	E	F
示意圖						
K值	0.66	0.70	0.74	0.53	0.61	0.90
介質厚度	10 cm	10 cm	20 cm	10 cm	20 cm	10 cm
介質種類	混合介質	混合介質	混合介質	陶粒	陶粒	混合介質
排保水版	無	有	有	有	有	有
植栽種類	假儉草	假儉草	假儉草	假儉草	假儉草	未鋪設

(資料來源:本研究整理及屋頂綠化建構技術之研究, 2010)

屋頂綠化結合雨水貯集系統容量設計時，其供給量可依照量測法歸納出之屋頂綠化蒸發散修正係數計算其蒸發散量，亦即屋頂綠化澆灌需水量進行規劃與設計。其設計與應用方法於本章第三節作詳細說明。

貳、估算法

屋頂綠化可利用其物種因子、密度因子及微氣候因子計算其蒸發散修正係數 K 值。如下式所示：

$$K = k_s \times k_d \times k_{mc} \quad (4-18)$$

式中 k_s 為物種因子，可依各物種需水量改變，需水量越高其因子數值越大； k_d 為密度因子，可依植栽生長密度改變，生長密度越高其因子數值越大； k_{mc} 為微氣候因子，可依屋頂綠化微氣候進行改變，如：易受高樓風影響之屋頂綠化其微氣候因子數值較大。下表提供相關因子數值查詢。

表 4- 5 蒸發散估算參數表

植栽類型	物種因子 Species Factor(Ks)			密度因子 Density Factor(Kd)			微氣候因子 Microclimate Factor(Kmc)		
	低	平均	高	低	平均	高	低	平均	高
樹木(Tree)	0.2	0.5	0.9	0.5	1.0	1.3	0.5	1.0	1.4
灌木(Shrubs)	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
土地(Groundcover)	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2
混合(Mixed trees, Shrubs, Ground cover)	0.2	0.5	0.9	0.6	1.1	1.3	0.5	1.0	1.4
草坪(Turf grass)	0.6	0.7	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2

(資料來源：美國綠建築協會 USGBC)

第三節 屋頂綠化雨水貯集系統取水模式

雨水貯集系統於供水面向，依供水標的可分為：建築物、公園綠地及學校等，其中建築物及學校多採用屋頂集水，以貯水槽蓄水；公園綠地則大多以地表集水。屋頂雨水貯集系統包含四個主要組成部分：集水系統、貯存系統、導管系統及水質處理系統(如下圖所示)；其中貯存系統包含貯水槽、溢流系統及雨水/自來水自動切換系統；水質處理系統包含初期雨水水質處理系統及雨水水質處理系統。

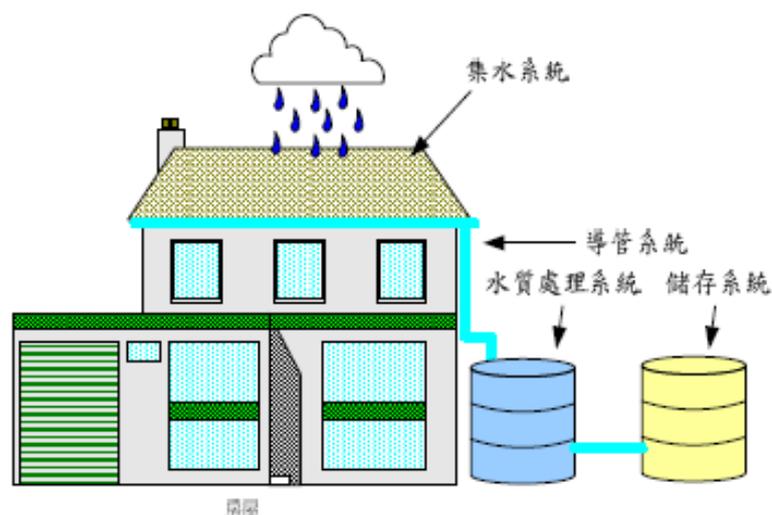


圖 4- 3 雨水系統組成示意圖

(資料來源：本研究整理)

壹、雨水貯集取水模式介紹

取水模式中，由供水率的觀點來看，是以「體積」來作考量，不同的取水模式會對系統提供不一樣的供水率，模擬系統實際運轉時的取水狀況，有兩種取水模式，其一是先取水後溢流模式(YBS Model, Yield before spill model)，另一種模式為先溢流後取水模式(YAS Model, Yield after spill model)。

所謂 YAS Model 的取水操作規則可表示為：

$$Y_t = \text{Min}(D_t, S_{t-1}) \quad (4-19)$$

$$S_{t+1} = \text{Min}(S_{t-1} + Q_t, S_{\max}) - Y_t \quad (4-20)$$

而 YBS Model 的取水操作規則可表示為：

$$Y_t = \text{Min}(D_t, S_{t-1}) \quad (4-21)$$

$$S_{t+1} = \text{Min}(S_{t-1} + Q_t - Y_t, S_{\max}) \quad (4-22)$$

式中： S_{t+1} 、 S_{t-1} ：分別為 t+1 時刻與 t-1 時刻的儲蓄量； Y_t ：t 時刻的供水量； Q_t ：t 時刻的入流量； D_t ：t 時刻的需水量； S_{\max} ：貯水槽最大容量。

兩種不同取水模式會對系統供水造成不同結果，YAS Model 模擬的供水率較小，因為 YAS Model 是先確定是否溢流再取水，所以在前一時刻入流量加蓄水量大於系統貯蓄容量狀況下，其下一時刻的蓄水量會比 YBS Model 的小，故本計畫選用 YBS Model 作為系統取水操作模式以提供較好的供水率。

第四節 屋頂綠化雨水貯集系統容量設計方法與步驟

本節針對屋頂綠化雨水貯集容量設計建立方法及步驟進行說明。屋頂綠化結合雨水貯集系統示意圖如下。當降雨於屋頂綠化產生逕流後，流入地面雨水儲水槽，再抽至屋頂配水槽，待屋頂綠化需要澆灌用水時供水；並結合自來水補充機制。

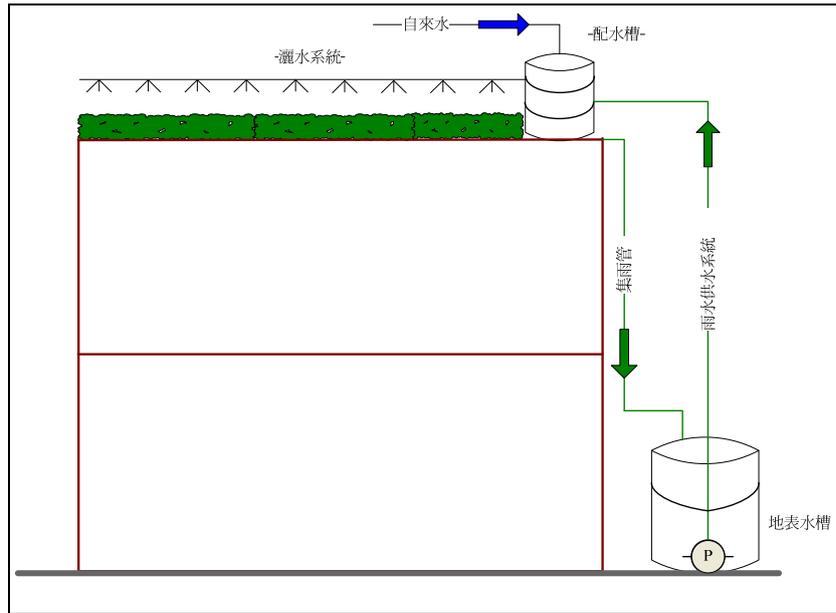


圖 4- 4 屋頂綠化雨水系統組成示意圖

(資料來源：本研究整理)

計算理念如下圖所示，橫軸由左至右表示澆灌需水量的大小，當降雨量不足時依照此圖可得知，當屋頂水塔中之貯集量足夠供應澆灌需水量時，綠化需水量落至 S_{roof} (屋頂蓄水量) 區塊；當需水量大於屋頂水塔蓄水量但小於屋頂水塔加上地表水槽之蓄水量時，澆灌需水量落至 $S_{roof} + S_{ground}$ (屋頂水塔加上地面水槽) 區塊；最後當需水量大於雨水貯集系統之蓄水量時，此時需加入自來水(C_w)補充不足之部分。

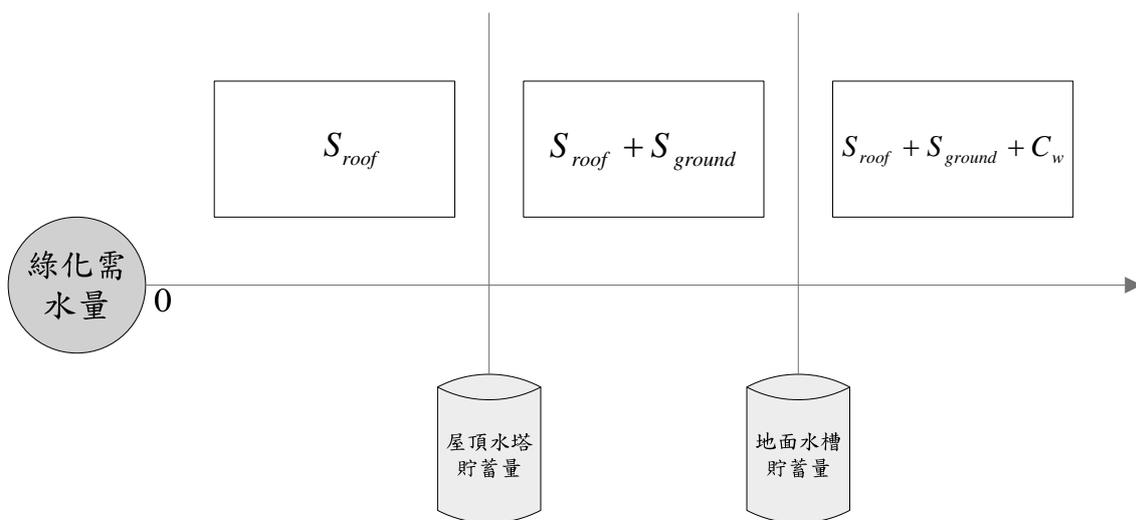


圖 4- 5 澆灌用水供給量抉擇示意圖

(資料來源：本研究整理)

本計劃為使雨水貯集供水系統更臻完善，設定取水後加入自來水補充量，預防連續多日無降雨時之供給需水量，如下圖所示，當屋頂水塔水量高於水塔的三分之一容量時，不需補充自來水；當屋頂水塔水量低於水塔容量的三分之一時，由地表貯水槽之泵浦運轉將揚水送至頂樓水塔；最後，屋頂水塔水量不足水塔容量的三分之一且經泵浦後仍不達屋頂水塔容量的三分之一時，此時自來水將補充至屋頂水塔容量之百分之五十。補充機制在於提高與水使用量之觀念，即使雨水不足要補助自來水時，也要斟酌不將自來水補充至滿，以預備下次降雨時可再收集利用，提高系統達到使用最大化的雨水量且補充最小化的自來水量。

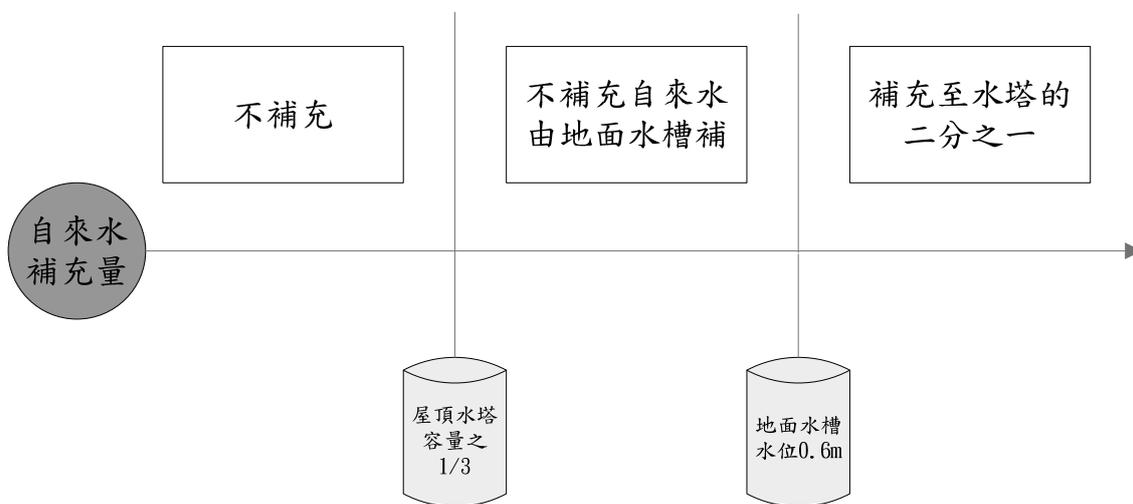


圖 4- 6 自來水補充抉擇示意圖

(資料來源：本研究整理)

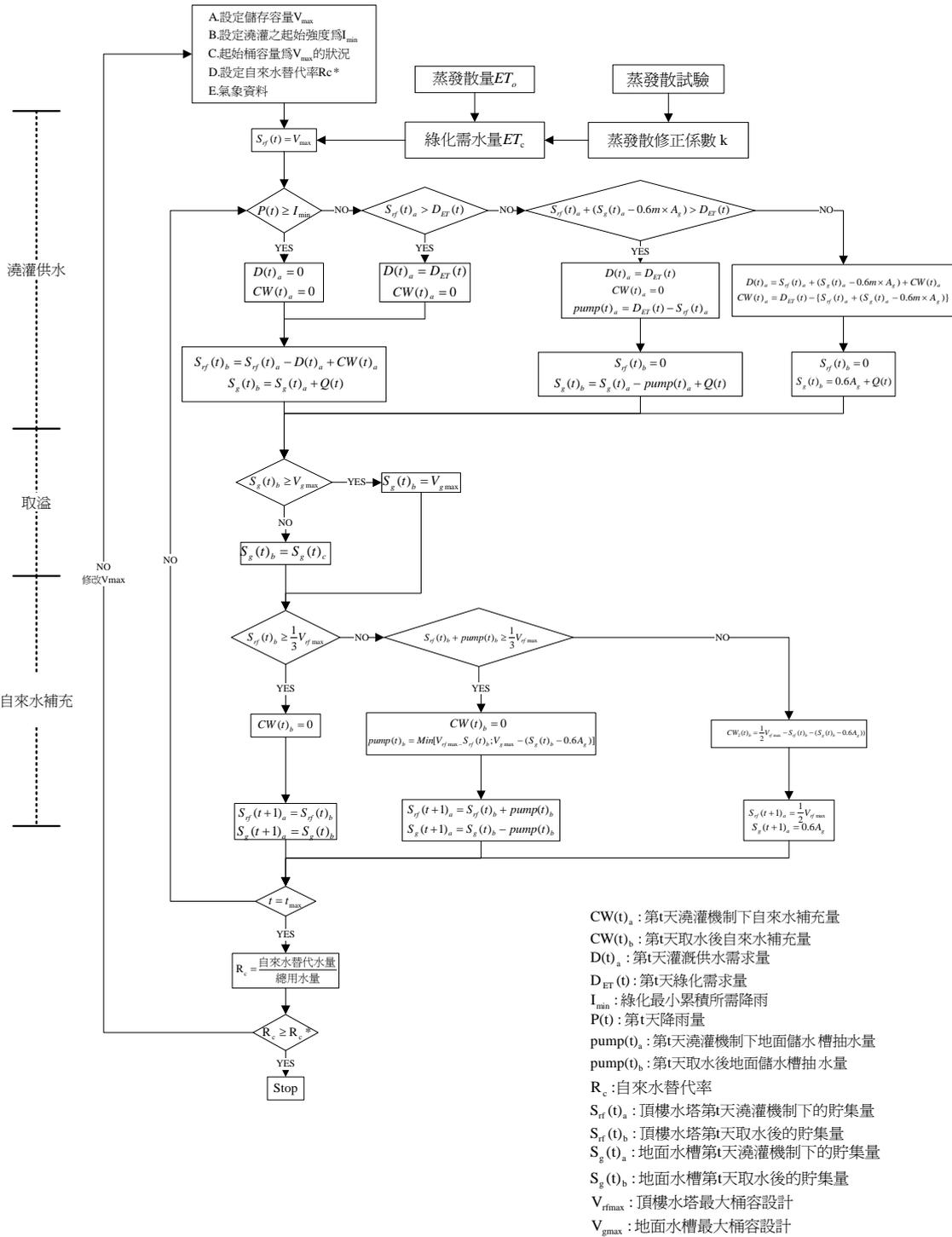


圖 4- 7 澆灌系統流程圖

(資料來源：本研究整理)

根據前述之計算概念配合計算影響因子帶入計算後，可得系統之入流量及需求量，再依照架構及流程模擬後即可完成容量設計，模擬計算注意事項：

1. 本系統中各種模式皆要先設定集雨面積、逕流體積轉換係數、貯集桶最大容量及計算時間區間等，才可以接續運算。

自來水替代率公式如下：

$$\text{自來水替代率 } R_c(\%) = \frac{\sum \text{雨水利用量}(m^3)}{\sum \text{供水量}(m^3)} \quad (4-23)$$

2. 雨水貯集再利用於澆灌時，除了要先設定綠化面積及蒸發散修正係數 K 值外，還要先決定澆灌啟動機制與否，當降雨量大於作物最低需水量時即可不必澆灌，反之，需要澆灌。啟動澆灌機制的公式為：

$$I \leq I_{\min} \quad (4-24)$$

式中 I 為累積雨量； I_{\min} 為作物最低需水量。

第五章 視窗化屋頂綠化結合雨水貯集容量設計模式使用者介面

屋頂綠化收集再利用雨水做為澆灌用水，能節省自來水水源。本計畫利用前章所述屋頂綠化結合雨水容量計算，建立視窗化屋頂綠化結合雨水貯集容量設計模式使用者介面，可供業主及設計者規劃設計之參考。

第一節 模式資料建立與輸入

壹、建立資料

本計畫先以 Microsoft Office Excel 建立氣象與雨量資料，再以 Microsoft Visual Basic 程式碼編輯器計算之後，並建置成使用者介面，輸入影響參數值後計算之；最後會顯示出設計儲蓄容量量與自然水替代率之關係圖表，除了操作便利外，對不同設計容量可對應出一種自來水替代率，讓使用者一目了然對於整體的選擇性。

貳、資料輸入

本計畫所需之氣象資料包括：日累積雨量(mm)、全天空日射量(MJ/m²)、修正太陽日、日平均風速(m/s)、日最高溫(°C)、日最低溫(°C)以及相對溼度(%)等，輸入之格式如下圖所示：

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	降雨量	全天空日射量Rs(MJ/M2)	修正太陽日	風速 m/s	最高溫	最低溫	溫度(°C)	RH相對濕度(%)
2	27.9	0	23	2.5	19.3	15.9	17.6	86
3	27.3	0	24	5	18.1	14.1	16.1	84
4	45.2	0	25	4.5	17.3	13.2	15.25	80
5	14.4	0	26	3.4	19	13.1	16.05	80
6	1.8	0	27	2.2	23.6	14.4	19	73
7	35.4	0	28	3.3	17.8	14.7	16.25	79
8	34	0	29	3.6	18.2	15.5	16.85	86
9	23.5	0	30	4	23.8	16.6	20.2	84
10	9.2	0	31	2.7	25.5	17.5	21.5	79
11	0.4	0	32	3.1	20.8	16.8	18.8	69
12	0	0	33	2.7	21.1	17.7	19.4	73
13	6.7	0	34	3.5	20	14.8	17.4	82
14	17.4	0	35	4.3	16.7	14.1	15.4	90
15	40.1	0	36	2.9	23.2	16.2	19.7	85
16	14.9	0	37	4.1	22.8	12.7	17.75	82
17	4.7	0	38	5.3	14.7	11.4	13.05	91
18	0	0	39	2.3	21.4	13.3	17.35	71
19	0	0	40	2.3	23.5	15	19.25	80
20	55.4	0	41	5.1	18.5	12.6	15.55	98
21	37.7	0	42	5.8	15.2	12.6	13.9	95
22	65	0	43	3.9	18.1	13.8	15.95	93
23	113.4	0	44	4.8	19	14.1	16.55	92
24	47.6	0	45	6.7	14.7	11	12.85	87
25	0	0	46	4.2	16.9	13.7	15.3	58

圖 5- 1 氣象資料格式

(資料來源：本研究整理)

第二節 模式操作流程

本節介紹本計畫程式之操作流程，系統操作流程如圖 5-2 所示：

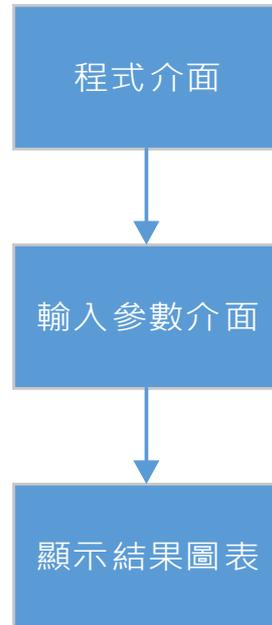


圖 5- 2 操作流程圖

(資料來源：本研究整理)

壹、 程式介面

開啟及進入程式介面可看到模組如圖 5-3 所示，進入介面後點選進入可進入到輸入參數之介面。

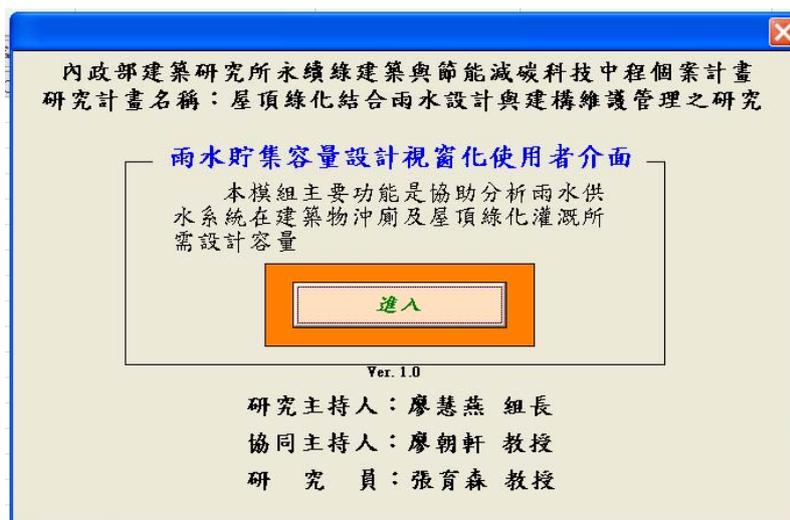


圖 5- 3 程式介面

(資料來源：本研究整理)

貳、 輸入參數介面

點選進入後，出現如圖 5-4 輸入參數之介面，依序輸入屋頂集雨面積、綠化面積、作物最低需水量、C 值、K 值及屋頂配水水塔容量大小，輸入完畢後即可執行計算設計儲蓄容量，即可得到設計儲蓄容量與自來水替代率相關曲線。

屋頂綠化

步驟二： 屋頂綠化灌溉

輸入資料檔案名稱

資料讀取

一：輸入屋頂集雨及綠化面積

屋頂集雨面積 平方公尺

屋頂綠化面積 平方公尺

二：最低作物綠化量

Imin 公厘

三：輸入運道轉換係數C及蒸發散係數K

C K

附註：

建議C值	10cm假檢草綠化建議為0.85
	20cm假檢草綠化建議為0.66

建議K值	10cm假檢草綠化建議為0.70
	20cm假檢草綠化建議為0.74

四：屋頂配水槽體積

屋頂配水槽 立方公尺

確認

圖 5- 4 輸入參數介面

(資料來源：本研究整理)

參、 顯示結果圖表

輸入相關參數並點選確認後，會出現顯示表格介面如圖 5-5，點選顯示結果表格的話，表格中的空白格會出現值；點選顯示結果圖形會出現自來水替代率之曲線圖。



圖 5- 5 結果圖表介面

(資料來源：本研究整理)

第三節 模式輸出結果

經過模式計算後，其自來水替代率與設計儲蓄容量結果將成為一條曲線，為選擇其提高每單位儲蓄容量可產生最高效率之設計儲蓄容量量(後稱效率設計儲蓄容量量)效率設計儲蓄容量量，本研究利用微分導數原理求效率設計點，利用導數探討函數的變化情形；曲線起始，設計儲蓄容量量些許改變則可讓自來水替代率有大幅度的上升，當曲線過了某一點後，設計儲蓄容量量的改變對自來水替代率的影響逐漸縮小，假若分析結果為 $y = f(x)$ 之曲線函數，在曲線上任兩點所形成之割線皆有一斜率 $y' = f(x)' = m$ ，如圖 5-6 所示，其計算方法為：

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x+h) - f(x)}{(x+h) - x} = \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (4-25)$$

式中 m 為斜率； Δx 為兩點在 x 軸之微變量； Δy 為兩點在 y 軸之微變量； h 為兩點之間的水平差距； $f(x)$ 為第一點之 y 軸座標值； $f(x+h)$ 第二點之 y 軸座標值。

此時若沿著 $f(x)$ 慢慢移動第二個點讓它逐漸靠近第一個點，割線 S 就會逐步往切線 T 趨近，如圖 3-10 所示，當 $h \rightarrow 0$ 且 斜率(S) \rightarrow 斜率(T)，欲求點 $(x, f(x))$ 之斜率即可如式 3-20 所示：

$$m = f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (4-26)$$

根據前述設計容量曲線之物理意義，配合導數度量在函數上的任一點的斜率，當起始至某點間幅度變化較大的情形，其斜率為 $m < 1$ ；當過了某點以後坡度逐漸平緩，斜率為 $m > 1$ ；而達到某點之前與過了某點之後其狀況是反的，此某點的斜率為 $m = 1$ 。

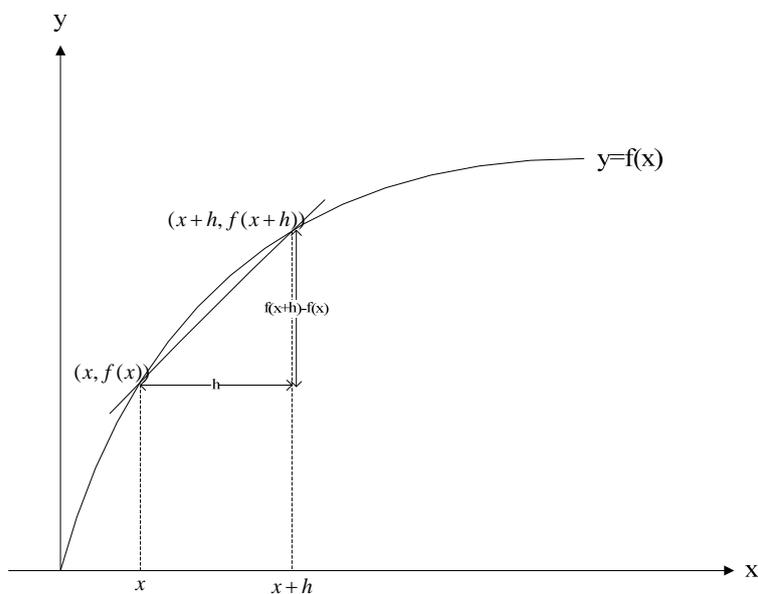


圖 5- 6 通過點 $(x, f(x))$ 之割線

(資料來源：本研究整理)

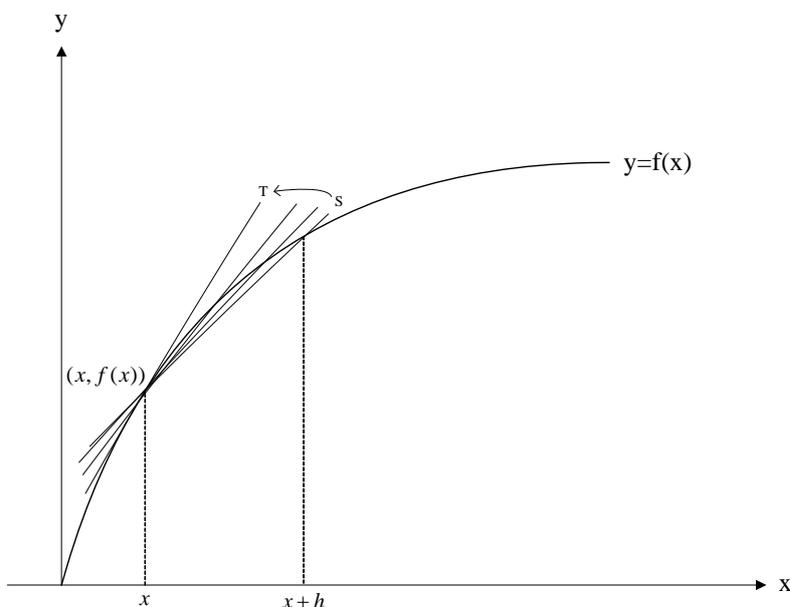


圖 5- 7 逐漸接近切線之割線

(資料來源：本研究整理)

第四節 屋頂綠化雨水貯集容量設計案例分析

本章節利用第三節所建立之模式進行假設案例分析，研究地區以基隆市國立台灣海洋大學河海工程學系二館頂樓作為研究範圍，將雨量資料與逕流實驗之 C 值估算出雨水貯集系統之入流量，再以氣象資料及蒸發散實驗之 K 值加上澆灌供水當作系統之需求量，進行雨水貯集容量設計作為未來參考之依據。

壹、案例背景資料

雨量資料選擇對模式結果有重要影響，需要考慮歷史雨量資料年數及時距：足夠歷史年數得以呈現該地之降雨特性；較短時距以求得較精確之模擬結果，然而要求過長的資料年數可能導致研究範圍內可用雨量站數量不足，無法產生空間之代表意義，固本研究採用基隆地區近 20 年之雨量資料，模擬一棟五層樓之獨棟建築物，其屋頂集雨面積與綠化面積皆為 100 平方公尺，而屋頂綠化為厚度 10 公分之假儉草，其對應之逕流體積轉換係數及蒸發散修正係數為 0.85 及 0.7，貯蓄儲蓄容量部份分為地面貯水槽及屋頂水塔，屋頂水塔為了避免影響屋頂結構載重不宜過大；地面蓄水槽則是要保護泵浦運作，將地面貯水槽有效揚水高度設定為 60 公分以上才可揚水，本研究案例加入自來水補充以備無雨水可用之虞，案例相關背景資料如表 5-1 所示：

表 5-1 案例參數值

參數名稱	系統模式	屋頂綠化
屋頂形態		平屋頂
屋頂綠化類型		薄槽型
屋頂綠化植栽		假儉草
建築物構造		鋼筋混泥土
屋頂面積		$100 m^2$
屋頂綠化面積		$100 m^2$
建築物樓層		5 層樓
屋頂綠化厚度		10cm
屋頂逕流係數		0.95
逕流體積轉換係數 C' 值		0.85
蒸發散修正係數 K 值		0.7
作物最低需水量		2mm
屋頂配水槽		$1 m^3$

(資料來源：本研究整理)

貳、自來水替代率

計算結果會如圖 5-8 所示，可明顯得知設計儲蓄容量量從 1 至 30 立方公尺時，自來水替代率約為 68 % 至 99 %。

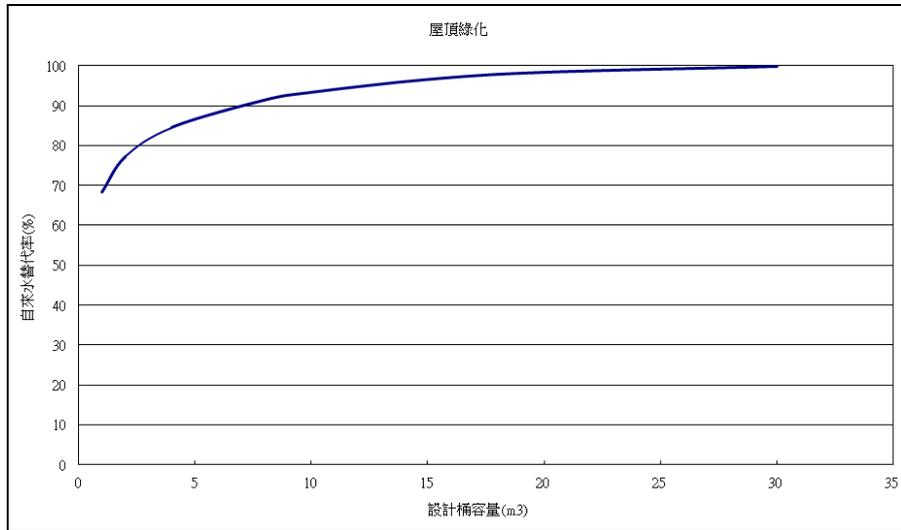


圖 5- 8 設計貯集儲蓄容量與自來水替代率關係

(資料來源：本研究整理)

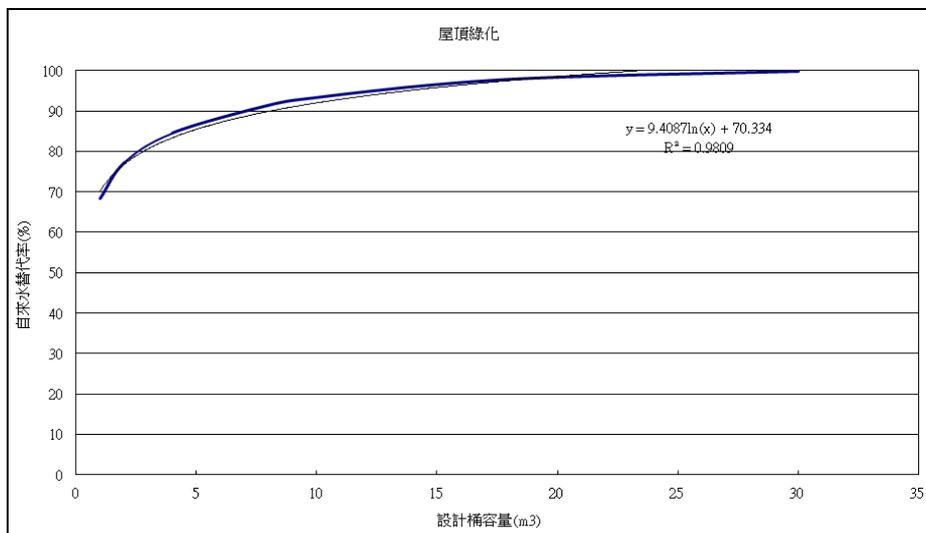


圖 5- 9 設計貯集儲蓄容量與自來水替代率趨勢線分析

(資料來源：本研究整理)

在圖 5-9 曲線中，欲找到效率設計點可依照第三節所敘，先以對數趨勢分析出其方程式在求出斜率 m 之點，如圖 5-9 所示，對數公式為

$$R_c = 9.3596Ln(V_{ground}) + 70.334 \quad (5-1)$$

對上式微分並取斜率為 1 之點

$$R_c' = \frac{9.3596}{V_{ground}} = m = 1 \quad (5-2)$$

則 $V_{ground} = 9.3596$ ，效率設計儲蓄容量量設計為 $9.4m^3$ 。

參、配置整合

假設案例中，各標的之屋頂水塔皆固定以 1 立方公尺計算，本小節彙整改變屋頂水塔容量時，三種標的之地表貯水槽在 1、3、5 及 10 立方公尺狀況下，其雨水溢流量、雨水使用量、自來水替代率及貯集桶使用倍數的變化情形，可提供給使用者一項參考依據，各種配置如表 5-2 所示。

表 5-2 配置整合

年均入流量 (m^3)	年均需水量 (m^3)	屋頂配水槽 (m^3)	地表貯水槽(m^3)	雨水溢流量 (m^3)	雨水使用量 (m^3)	自來水替代率 (%)	使用倍數
311	60	1	1	220.6	41.1	68.3	41
			3	202.4	46.7	77.7	16
			5	184.1	52.3	87.1	10
			10	173.8	55.6	92.7	6
		2	1	195.4	45.2	74.9	45
			3	161.6	48.5	80.1	16
			5	127.8	51.6	85.0	10
			10	103.2	53.1	88.5	6

(資料來源：本研究整理)

由表 5-2，在年均入流量 311 立方公尺及年均需水量為 60 立方公尺，屋頂配水槽為 1 立方公尺時，分析地表貯水槽在 1、3、5 及 10 立方公尺之自來水替代率分別為 68.3%、77.7%、87.1% 及 92.7%，雨水使用量分別為 41.1、46.7、52.3 及 55.6 立方公尺，使用倍數為 41、16、10 及 6 倍，雨水溢流量為 220.6、202.4、184.1 及 173.8 立方公尺；當屋頂配水槽為 2 立方公尺時，分析地表貯水槽在 1、3、5 及 10 立方公尺之自來水替代率分別為 74.9%、80.1%、85.0% 及 88.5%，雨水使用量分別為 45.2、48.5、51.6 及 53.1 立方公尺，使用倍數為 45、16、10 及 6 倍，雨水溢流量為 195.4、161.6、127.8 及 103.2 立方公尺

整體可知，屋頂水塔的容量增加對自來水替代率些微的影響，其中特別的是，相同的地

表貯水槽下，屋頂水塔增加會讓自來水替代率些微下降，原因是下次降雨時刻前，若屋頂水塔還有足夠水量，則地表貯水槽不會進行補充；反之，若屋頂水塔不足，則地表貯水槽會進行補充，補充後可以貯集雨水的容量又變多了，尤其在長期降雨區域，日積月累所造成的些微差異，使得自來水替代率有些微的下降，但是以用水量的觀點來看，其實雨水用水量是持續上升的。

肆、不同區域分析

根據本計劃所建立之模式，相同背景條件下以台灣四個區域進行模擬(2000-2009)，分別為北部台北地區、中部台中地區、南部高雄地區及東部花蓮地區，各區之降雨量及植物蒸發散量分析如圖 5-10 及 5-11 所示。

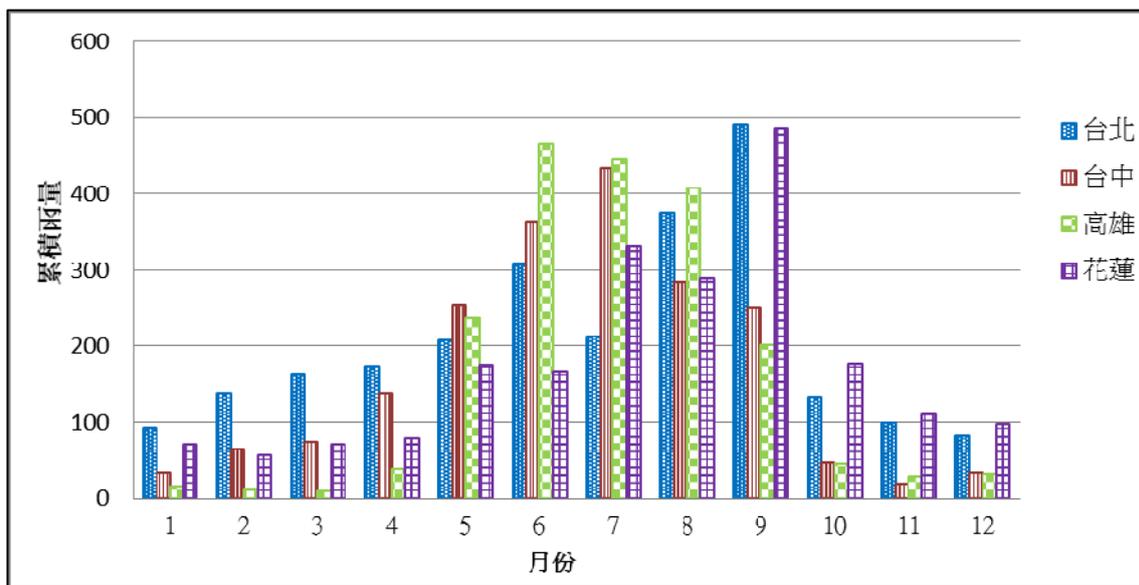


圖 5- 10 不同區域之年均降雨量

(資料來源：本研究整理)

由圖 5-10 可知，台北地區的平均月降雨量皆偏高，且降雨季節較平均；而高雄地區平均月降雨量除了五月至八月外其它月份皆為偏低情形，呈現降雨時空分布不均情況，將不利於雨水貯集利用。

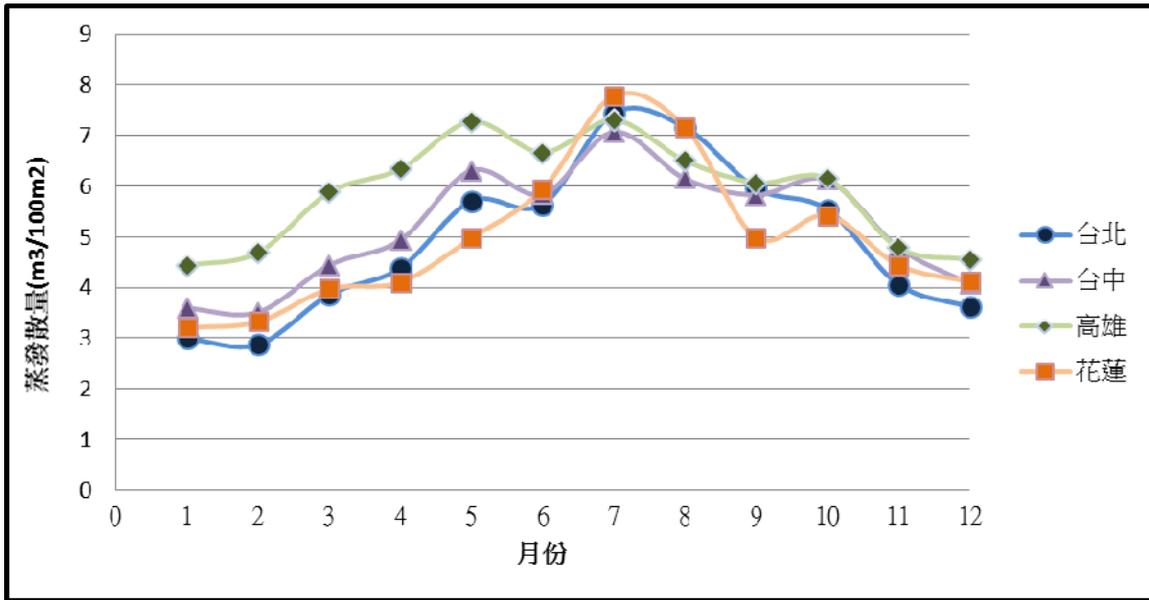


圖 5- 11 不同區域之年均蒸發散情形

(資料來源：本研究整理)

由圖 5-11 可知高雄地區無論在冬季或夏季，平均月蒸發散量皆為偏高，台北地區則皆屬於偏低。不論在哪個區域，夏季蒸發散量皆為旺盛的情形，冬季皆為蒸發散較緩和之期間。

台灣四個區域之容量設計結果如圖 5-12 可得知屋頂綠化在不同地區之自來水替代率的變化情形。

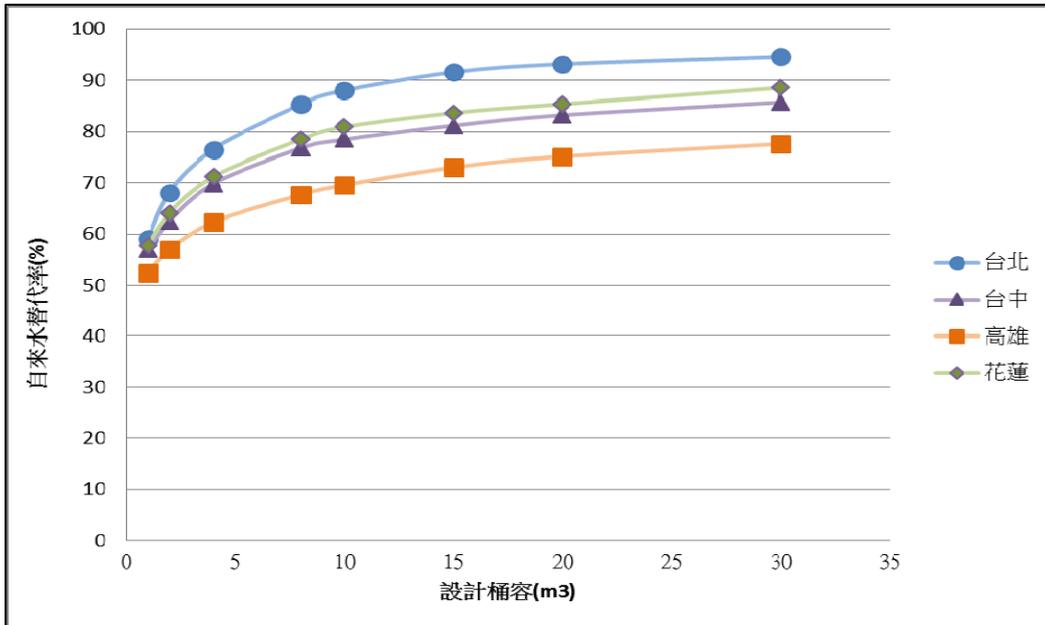


圖 5- 12 不同地區之自來水替代率與設計貯集儲蓄容量

(資料來源：本研究整理)

圖中顯示台灣不同區域之自來水替代率皆之變化趨勢，其中高雄地區之自來水替代率整體偏低，原因是南部地區之降雨量較少於北部及東部，其次是台中之降雨也略少於北部及東部。依照不同地區之自來水替代率與設計貯集儲蓄容量分析圖可知道，可知該模式符合台灣地區之降雨量情況，亦能反映出降雨量的多寡。

本計劃對於不同區域分析之結果，經整理後如表 5-4 所示，由下表可得知建議設計儲蓄容量及自來水替代率。

表 5-3 不同區域之配置整合

地區	設計儲蓄容量 (m ³)	年均需水量 (m ³)	年均入流量 (m ³)	雨水溢流量 (m ³)	雨水供水 量(m ³)	自來水替 代率(%)
台北	11	80.1	210.4	82.5	71.4	89.1
台中	8.8	84.7	169.5	77.8	66.0	77.9
花蓮	9.3	80.4	179.7	71.6	64.5	80.2
高雄	7.6	95.3	165.0	94.4	64.1	67.3

(資料來源：本研究整理)

對於不同區域分析得知建議設計儲蓄容量及自來水替代率，與前述不同地區之年均降雨量與蒸發散情形有關。台北地區之年均需水量為 80.1 立方公尺，設計儲蓄容量為 11 立方公尺，年均入流量為 210.4 立方公尺，雨水溢流量為 82.5 立方公尺，雨水使用量為 71.4 立方公尺，自來水替代率為 89.1%；台中地區之年均需水量為 84.7 立方公尺，設計儲蓄容量為 8.8 立方公尺，年均入流量為 169.5 立方公尺，雨水溢流量為 77.8 立方公尺，雨水使用量為 66.0 立方公尺，自來水替代率為 77.9%；花蓮地區之年均需水量為 80.4 立方公尺，設計儲蓄容量為 9.3 立方公尺，年均入流量為 179.7 立方公尺，雨水溢流量為 71.6 立方公尺，雨水使用量為 64.5 立方公尺，自來水替代率為 80.2%；高雄地區之年均需水量為 85.3 立方公尺，設計儲蓄容量為 7.6 立方公尺，年均入流量為 165.0 立方公尺，雨水溢流量為 94.4 立方公尺，雨水使用量為 64.1 立方公尺，自來水替代率為 67.3%。

由於本計畫乃增加每單位儲蓄容量可增加之替代水率最佳效率之設計，因此未必與以往設計類似。例如，以往判斷高雄地區蒸發散旺盛且降雨時空分配不均，因此需設計較大之儲蓄容量，但在本計畫中採取之最佳效率設計發現，增加設計儲蓄容量雖可提高自來水替代率及雨水使用量，然而每投入的單位儲蓄容量卻無法有效的增加自來水替代水率，在投資建設

時則需仔細考量。反觀，台北地區之蒸發散雖未如高雄地區旺盛，且降雨時供分配均勻，以往考量皆考慮較小之儲蓄容量，但在本計畫採取之最佳效率設計發現，台北地區每投入單位儲蓄容量可有效的增加自來水替代水率，不僅提高自來水替代率已增加雨水使用量。

第六章 屋頂綠化建構暨維護管理手冊

依上述資料蒐集資料(如屋頂綠化效益、國內外屋頂綠化現況、屋頂綠化維護管理與屋頂綠化結合雨水利用等)分析中，歸納整理「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」，詳細內容見附件二。

屋頂綠化手冊

—建構及維護管理

Green Roof Manual – Construction, Operation, and Maintenance.



內政部建築研究所
2013年版

圖 6-1 屋頂綠化建構暨維護管理手冊

(資料來源：本研究整理)

第七章 結論與建議

第一節 結論

藉由本計畫之執行，可在三層面提供貢獻：生態環境層面、經濟影響層面及社會推廣層面。

生態環境層面：屋頂綠化可提供許多環境改善效益，如：淨化二氧化碳、固定二氧化碳、減少粉塵等溫室效應氣體及重金屬、減緩暴雨逕流、改善調節微氣候及維持室內溫度減少冷氣使用所產生之廢熱等生態環境效益。利用雨水貯集提供屋頂綠化澆灌用水，將可降低水資源之負擔。編撰屋頂綠化建構暨維護管理手冊可維持植栽生長情況及提高生物多樣性。

經濟影響層面：屋頂綠化亦能調節氣候及降低屋頂溫度，因而節省冷暖氣的費用，提高居住空間品質；屋頂綠化亦可保護建築物，減少建築物因日照高溫冷縮熱脹所產生的裂縫。雨水貯集系統則可節省自來水供水費用。編撰屋頂綠化建構暨維護管理手冊可降低管理成本及種植失敗率。

社會推廣層面：屋頂綠化除了可增加都市美化景觀外，亦可成為民眾放鬆身心休憩之處。本研究在屋頂綠化規劃設計方面，將有助於屋頂綠化結合雨水貯集之設計方法及使用操作。編撰屋頂綠化建構暨維護管理手冊可幫助使用者於操作維護更為便捷。

本計畫於生態環境、經濟影響及社會推廣層面上，欲使屋頂綠化效益可更為顯著，相關成果可應用至政策擬定或技術推廣，使台灣綠建築及生態都市發展更趨完備，本計畫之重要性不言可喻。

計畫成果與建議之後續工作項目說明如后。

壹、蒐集彙整國內外屋頂綠化、雨水貯集及維護管理等資料，包括：案例、研究報告、技術手冊或規範、計算模式等。

本計劃針對國內外屋頂綠化、雨水貯集及維護管理研究、案例及手冊等進行蒐集彙整，內容包含初級資料蒐集、次級資料蒐集、定量探討等；經綜合歸納整理後，提出屋頂綠化結合雨水主集與維護管理之概念；並進一步分析研究國外維護管理技術等相關手冊、規範編撰內容方式，並編撰「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」。

貳、探討屋頂綠化結合雨水利用，推估屋頂綠化澆灌需水量及沖廁用水量，建立多目標雨水貯集容量計算模式。

本計畫依上述之資料蒐集成果，進一步探討綠屋頂結合雨水利用。屋頂綠化因不同植栽、屋頂形式、各地降雨量及降雨型態，澆灌需水量而產生差異。本計畫針對屋頂綠化結合雨水貯集系統，探討屋頂綠化雨水貯集系統入流及供給及雨水貯集容量設計視窗化使用者介面等重要關鍵議題。

參、彙整國內既有屋頂綠化現況與案例，探討結構載重、植栽選擇、規劃設計及相關技術與實際現況遭遇之問題等，編撰「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」，提供規劃設計參考依據。

本項工作以內政部建築研究所民國九十八年至九十九年間「屋頂綠化建構技術之研究」中初步提出之規劃設計手冊為基礎，結合本計劃執行之屋頂綠化結合雨水貯集及維護管理相關資料蒐集、探討及評估等分析成果后，對手冊進行檢討、修正、補強及擴編，以完成「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」。

第二節 建議

建議一

立即可行之建議：屋頂綠化建構及維護管理之教育訓練

主辦機關：各縣市政府都發局

協辦機關：內政部建築研究所

(一)舉辦相關屋頂綠化建構及維護管理之教育訓練，俾於屋頂綠化建構及維護管理專業知識提升，有效推廣屋頂綠化。

(二)成立相關屋頂綠化建構及維護管理專業團隊，提供專業知識、結合相關產業，俾利推廣。

建議二

中長期建議：增加屋頂綠化示範點與訂定相關獎勵與法規

主辦機關：各縣市政府都發局

協辦機關：內政部建築研究所

(一)可增加各型式屋頂綠化試驗點，俾利量化屋頂綠化效益。

(二)結合建築技術規範中之「綠建築專章」，提出屋頂綠化地方自治條例及獎勵辦法，促進屋頂綠化之推動。

附錄一 屋頂綠化手冊—建構及維護管理

屋頂綠化手冊

— 建構及維護管理

Green Roof Manual

— Construction, Operation, and Maintenance



內政部建築研究所

2013 年版

目錄

第一章、屋頂綠化的定義與效益.....	3
第一節、屋頂綠化的定義	3
第二節、屋頂綠化的效益	3
第三節、屋頂綠化的問題	4
第二章、屋頂綠化的分類、適用性及結構承載檢查.....	7
第一節、屋頂綠化的分類	7
第二節、如何選擇適合的屋頂綠化型式	7
第三節、屋頂綠化結構承載	10
第三章、薄層式屋頂綠化建構與管理.....	19
第一節、規劃設計及施工要點	19
第二節、介質選用要點與種類	24
第三節、植栽選擇原則與種類	31
第四節、植栽及周邊設施維護管理方法	39
第五節、管理制度及養護費用	43
第四章、盆栽式屋頂綠化建構與管理.....	47
第一節、規劃設計及施工要點	47
第二節、介質選用要點與種類	50
第三節、植栽選擇原則與種類	53
第四節、植栽及周邊設施維護管理方法	56
第五節、管理制度及養護費用	58
第五章、庭園式屋頂綠化建構與管理.....	63
第一節、規劃設計及施工要點	63
第二節、介質選用要點與種類	69
第三節、植栽選擇原則與種類	71

第四節、植栽及周邊設施維護管理方法	77
第五節、管理制度及養護費用	79
第六章、屋頂綠化相關知識及注意事項.....	81
第一節、屋頂綠化節水澆灌	81
第二節、屋頂綠化澆灌水源	84
第三節、屋頂綠化管理檢查制度	94
第四節、既有屋頂綠化之成效評估方法	94
第五節、屋頂綠化 Q&A	97
附錄 I、國內綠建築相關法規	105
附錄 II、屋頂綠化地點自我評估表	107
附錄 III、相關網站協會與廠商名錄	117

第一章、 屋頂綠化的定義與效益

屋頂在國外行之有年，如德國、美國及日本等國皆積極推廣。德國對於相關法令與政策面皆發展成熟，相關產業發展亦十分發達；日本除有許多成功個案，更有多元的資料並配合法令有配套之獎勵辦法；北歐各國對此領域十分重視，瑞士部分都市甚至規定，新建築必須有屋頂綠化之設計。

國外積極推動屋頂綠化之同時，國內亦有許多相關試驗及推廣，但因法規不明確及民眾對屋頂綠化認知有限，故臺灣之屋頂綠化尚未完全發展，但目前已有不少成功個案實施。

第一節、 屋頂綠化的定義

日益加速的都市化活動使城鎮生態環境不斷遭受破壞，回歸自然的綠色生態都市便成為現代居住環境建設的發展趨勢；又由於都市用地日漸不足限制綠地發展，因此「屋頂綠化」概念便應運而生。廣義而言，指將建築物屋頂、露臺等空中平面以人工方式進行植栽整建的基礎綠化工程，同時亦是都市環境中有效增加綠覆率的綠化手法。主要結構設計包含最少量的構件為基本防水層、蓄排水層、過濾阻隔層及生長介質和植物。各環節緊密相扣，須依施作環境條件而改變。

第二節、 屋頂綠化的效益

屋頂綠化日益受到重視，越來越多的建築師在設計時將其作為綠建築生態化的一個重要項目。最重要地，屋頂綠化能有效利用立體空間，創造生態環境，緩解了都市發展與生態建設用地的矛盾。

直接效果

1. 改善周遭環境
 - a. 防火防熱效果
 - 防止火災延燒
 - 火災時保護建物
 - b. 物理條件改善
 - 淨化空氣

- 緩和微氣候
- 降低噪音
- c. 生理、心理效果
 - 提高舒適感
 - 景觀效果提升

2. 經濟的效果

- a. 建築物保護效果
 - 防止酸雨及紫外線破壞防水層、壁面等
 - 減低溫度變化對建物的影響
- b. 節約能源的效果
 - 夏季減輕溫度上升
 - 冬季有保溫效果
- c. 宣傳效果
 - 吸引人潮集中

社會效果

3. 都市環境的改善

- a. 創造低負荷型都市
 - 都市空氣之淨化
 - 都市氣象之改善(減輕熱島效應，防止過分乾燥)
 - 節省資源效果
- b. 創造循環型都市
 - 降低雨水流失
- c. 創造共生型都市
 - 都市自然景觀提升
 - 都市舒適應提升
 - 創造休閒空間

第三節、屋頂綠化的問題

隨著屋頂綠化案例的增加，越來越多狀況出現在屋頂綠化上，本手冊羅列屋

頂綠化之問題如下。並於手冊中提供問題解決之辦法。

1. 屋頂承載問題

屋頂綠化必須考慮屋頂的承載能力，所使用的土壤、植栽、或其它建造材料皆必須經過計算，不可超過安全值，才不會對建築物造成傷害。

每個建築物屋頂在當初設計時都有其承載能力限制，對於老舊建築更需再經過一次屋頂承載能力評估；另一方面，建築物基地也是要考量的一部份，如果建築物本身蓋在濕地或較鬆散土質的地方，就必須經過計算屋頂綠化所增加的重量是否會對基地造成影響。當然，在屋頂綠化過程如果在結構方面有所顧慮，最好還是請教結構技師，這樣才不會對人及建築物造成危險。

2. 漏水問題

屋頂會漏水通常是當初施工不善，造成屋頂水泥間的裂縫，加上地震或水的滲透，以至漏水越來越嚴重，往往請專人來抓漏，既花錢效果又不彰。這也是許多平頂建築物，最後還是選擇加蓋一個斜坡蓋子屋頂來防漏，但這個外屋頂會造成屋頂熱空氣無法排掉的負面效果。另一個常見的漏水問題是排水不佳所造成積水，屋頂有積水就會往下滲透，造成漏水問題。

屋頂綠化無法解決建築物本身漏水問題，建築物漏水還可能減少屋頂綠化之壽命。所以，通常建議屋頂綠化最好要在沒有漏水問題的屋頂上實施，或者優先解決屋頂漏水問題後再實行屋頂綠化，這樣也不會造成屋頂綠化後漏水責任歸屬不清的情況。

3. 植栽選擇問題

為了讓屋頂上的植栽可正常的生長及不會對建築物造成影響，屋頂綠化植栽的選擇非常的重要，必須考慮到屋頂的溫度、耐旱程度、所需土層厚度、及根系是否會影響建築結構等的問題。如果是為了恢復成原來生態的前題，通常栽種建築物這塊地的原生物種，往往會是最佳的選擇。

4. 植物用水問題

屋頂綠化植物可藉由雨水接收所需之水份，但在降雨量不高的地區或旱季，

免不了要使用自來水灌溉。若栽植耗水性高的植物，如果加上自動澆灌系統，一天噴水兩次，這種系統除非有大量雨水回收空間，否則通常倚賴自來水來灌溉，使每月的水費增加不少。由於屋頂綠化需要許多水源做為澆灌用水，結合屋頂雨水貯集系統可減少自來水的消耗，解決實施屋頂綠化所帶來的水費問題。

5. 管理問題

屋頂綠化建置完成後需要完善的管理及維護制度，例如：定期巡視，看看排水管是否會被阻塞，植物成長的情況等等，為確保屋頂綠化維持原本的機能與好處，依照不同型式的屋頂綠化有不同的管理維護方法。另外，須注意在屋頂上的人身安全與管理死角的問題，這些都需要有完善的制度來規範，使屋頂綠化的功能不單只是作為建築隔熱的加強，更有賞心悅目的美學功能，當然如能建立起人與環境的互動空間，自然會留在建築物使用者的心目中，更能夠永續經營下去。

第二章、屋頂綠化的分類、適用性及結構承載檢查

第一節、屋頂綠化的分類

屋頂綠化主要分為三種類型：薄層式、盆栽式及庭園式屋頂綠化，按植栽種類、介質厚度及功能使用可區分為：

1. 薄層式屋頂綠化(Extensive green roof)

指在屋頂上鋪設淺薄輕質混合介質，並種植強韌、低矮、具自生性的地被，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，目前推行種類多以薄層式為主。此類型施工較簡單、平面或傾斜45°內的斜屋頂皆可施作，具低維護管理、低承載需求、節省結構成本等特性。

2. 盆栽式屋頂綠化(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景緻。其容器與介質材料取得容易，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。植物種類適合進行多樣化栽培，根系伸出盆底排水孔時會因「空氣切根」作用阻礙繼續伸展，較無根系破壞結構之虞。

3. 庭園式屋頂綠化(Intensive green roof)

小型喬木、灌木、地被植物等進行屋頂複層綠化，多有休憩涼亭或臺階，主要以美觀欣賞及休憩為目的。其具有景觀效果佳、植物層次豐富、完整性高。介質體積較大，根部較可充分伸展等優點。

第二節、如何選擇適合的屋頂綠化型式

一、屋頂綠化施作點之初步評估作業

配合國內屋頂綠化發展需要，為提供使用者作為是否施作屋頂綠化之參考，建議欲施作地點優先考量以下項目，以降低潛在危險性。評估方法採取記分模式，主要目的記分結果即為初步評估結果，評估內容如下，各項目依重要性配分之總和為100分，依據評估內容及權重分配予以計分，即可得施工前評分總計。本手

冊提供屋頂綠化地點之自我評分表(提供社區、學校、公司或機關)及屋頂綠化地點之自我評分表(欲施作民眾自我評估)，請參酌附錄二。

利用附錄二自我評分表所得之計分，若小於或等於 60 分，則不建議成為施作地點；若介於 60-80 分建議對結構做進一步評估，並進行構件維護及結構補強，降低潛在危險之後再行施工。若大於 90 分表示該建築物為良好屋頂綠化施作地點。以下為各項評估項目：

1. 政策或區域性

- 居民數量、屋頂使用程度
- 座落位置或周邊建設程度
- 低碳政策配合度

2. 立地條件(施作容易程度)

- 建築物類型、屋齡、屋面坡度、建築物載重限制
- 屋頂防水、排水狀況
- 基地可使用面積或施作完整性
- 氣候條件(日照、雨量、風速)

3. 設計規劃書完整度

- 屋頂狀況描述、屋頂空照圖、建物照片或結構圖提供
- 女兒牆高度、動線完整性
- 防水、排水、給水設備與管線設定
- 結構屋頂型式及用途說明

4. 人員配合程度與後續維管計畫

- 使用者或社區、機關接受度；主事者理念
- 專業維管人員訓練與安全性掌握
- 維護管理計畫完整性與記錄

5. 經濟條件

- 經費自行負擔或配合程度

➤綠色交通

➤申請施作地點大小(屋頂綠化綠化面積/全屋頂面積比例)

6. 效益大小

➤環境教育推廣效益

➤環境效益(增加綠覆率、減少熱島效應)

➤生態效益

二、適合之屋頂綠化型式

經上述初步評估後，屋頂綠化型式可依照施作單位設置目的及特徵、建物條件、機能及費用等之需求而改變。選擇適當且理想之屋頂綠化型式，有助於延長屋頂綠化的使用壽命。

表 2-3、屋頂綠化型式比較

型式	薄層式屋頂綠化 (Extensive green roof)	盆栽式屋頂綠化 (Container -type green roof)	庭園式屋頂綠化 (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	常設置之景觀設施，供美觀欣賞及休憩功能之用
特徵	1. 管理頻度低 2. 土壤淺薄，植栽種類選擇有限 3. 不限於平屋頂（適於屋面坡度45度以下）	1. 既有建物較符合使用 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. 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 $\geq 200 \text{ kg/m}^2$ 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 $\geq 250 \text{ kg/m}^2$ 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 $\geq 450 \text{ kg/m}^2$ （營業性屋頂庭園 $\geq 600 \text{ kg/m}^2$ ） 2. 建造複雜，設計費用高 3. 維護管理頻率及花費
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. 具減緩熱島效應效果 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. 具療癒效果	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
選擇要點	<u>低頻度維護管理</u> ，建造及維管費用低，且可大面積綠化。但 <u>植栽種類有限</u> ，人為活動空間較小。	高頻度維護管理，較為費工，需有 <u>高人力維管</u> 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。	<u>高頻度維護管理</u> 且具技術性， <u>維管費用高</u> ，此外建築物之 <u>承載量</u> 和 <u>有無漏水問題</u> 是施作點首要考量條件。

（資料來源：都市建築屋頂綠化設計知識問答手冊及本資料整理）

第三節、屋頂綠化結構承載

一、建築承載能力

（一）建築結構類型與承載能力

各類建築若處於設計階段，先確定欲綠化之重量，即可根據需要來進行加強屋頂

的結構及支撐系統，或是增加支柱之數量以承載新增荷重。即新興建築較無結構方面之擔憂，所需支承之附加載重於完工前已併入設計藍圖內，成為設計時原有結構體的一部份。

若是已完工之建築物（既有建築）欲新增綠化工程，必須釐清原有建築之用途，以避免因私自變更建築用途而忽略規範所規定之使用載重，造成結構物之損毀。此外，建築構造所使用之材質不同，亦造成可允許載重之不同。屋頂花園的活載重僅是設計之一，需加上屋頂結構自身重量、各層排保水板及防護層等靜載重，綜合而之才是全部的荷載。另基於景觀美化之設置，由於各種景觀配置的材質及位置擺放不同，必須採用最大之平均載重作為檢查的基準，避免因單點載重過重而導致之結構問題。

舉例來說，當建築採用鋼筋混凝土結構時，其活載重為 $50\text{kg}/\text{m}^3$ ，瓦面、波形瓦等輕型屋頂，則其活載重降為 $30\text{kg}/\text{m}^3$ ，以上指不開放民眾使用之狀況。如欲開放給民眾使用，在設計過程則必須符合國內規章所規範各類型樓板用途之最小活載重，以防止大量人群或是舉辦公眾集會時所增加的載重。

屋頂綠化施工前亦應對原有屋頂進行考量，針對其肉眼可見之裂縫、龜裂、蛀腐、變形等程度進行評估。既有之滲水、積水問題等也應於施工前維修，減少因前置作業未完善而對屋頂綠化施工造成後續的影響。

（二）屋頂載重分析

載重分為靜載重與活載重，本計劃所稱之屋頂綠化，所增加載重視為活載重列入載重計算，使其不超過屋頂結構所能承受的範圍進行施工規劃。

根據建築技術規則建築構造編第三節第十條定義靜載重為建築物本身各部份之重量及固定於建築物構造上各物之重量，如牆壁、隔牆、樑柱、樓板及屋頂等，可移動隔牆不作為靜載重；建築技術規則建築構造編第三節第十六條定義活載重為垂直載重中不屬於靜載重者，均為活載重。活載重包括：建築物室內人員、傢俱、設備、貯藏物品、活動隔間等。工廠建築應包括：機器設備及堆置材料等。倉庫建築應包括：貯藏物品、搬運車輛及吊裝設備等。積雪地區應包括：雪載重。

同時必須注意屋頂本身所含有之消防設施、逃生設備以及水塔等屋頂加載物。屋頂加載物會對屋頂造成部分加重，此類附加物亦應歸納於設計考量內，避免其成為計算載重之盲點。

活載重之部分，建築技術規則建築構造編第二十五條明載活載重折減率用以設計屋架、樑、柱、牆、基礎之活載重如未超過每平方公尺五百公斤，亦非公眾使用場所，

構材承受載重面積超過十四平方公尺時，得依每平方公尺樓地板面積百分之0.85折減率減少，但折減不能超過百分之六十或左式之百分值。

$$R = 23 \left(1 + \frac{D}{L} \right) \quad (\text{式 2-1})$$

式中 R 為折減百分值。

D 為構材載重面積，每平方公尺之靜載重公斤值。

L 為構材載重面積，每平方公尺之活載重公斤值。

活載重超過每平方公尺五百公斤時，僅柱及基礎之活載重得以減少百分之二十。

另於建築技術規則建築構造編第三節第十七條訂定最低活載重，因樓地板之用途而不同，不得小於規範之規定；不在下表列之樓地板用途或使用情形與表列不同，應按實計算，並須詳列於結構計算書中，如下表所示：

表 2-4 樓地板用途類別

樓地板用途類別	載重 (公斤/平方公尺)	
一、住宅、旅館客房、病房。	二〇〇	
二、教室。	二五〇	
三、辦公室、商店、餐廳、圖書閱覽室、醫院手術室及固定座位之集會堂、電影院、戲院、歌廳與演藝場等。	三〇〇	
四、博物館、健身房、保齡球館、太平間、市場及無固定座位之集會堂、電影院、戲院歌廳與演藝場等。	四〇〇	
五、百貨商場、拍賣商場、舞廳、夜總會、運動場及看臺、操練場、工作場、車庫、臨街看臺、太平樓梯與公共走廊。	五〇〇	
六、倉庫、書庫	六〇〇	
七、走廊、樓梯之活載重應與室載重相同，但供公眾使用人數眾多者如教室、集會堂等之公共走廊、樓梯每平方公尺不得少於四〇〇公斤。		
八、屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少五〇公斤，但供公眾使用人數眾多者，每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		
九、不做用途之平屋頂	載重面積 20 平方公尺以下	一〇〇
	載重面積 20-60 平方公尺	八〇
	載重面積 60 平方公尺以上	六〇
十、屋頂花園之活載重每平方公尺不得少於三〇〇公斤。		

(資料來源:建築技術規則, 2008)

二、屋頂綠化工程載重

平面綠化由於植生特色，對建築物而言負擔最小，較不需維護管理，適用地點為有載重限制之既有建築、斜屋頂等。立體綠化造景較為豐富，可用於辦公室大樓、集合住宅等類型之建築，亦因植生較為繁複耗費較多管理維護費用。生活小區主要開放使用者做為休閒遊憩之場所，載重限制較為嚴格，尤其公共性高之區域、商業建設等地，須特別注意承載問題。

(一)地被植物、灌木與喬木之載重

樹木的重量隨著維護管理之做法不同而有所差異，修剪週期與調節營養源皆可因載重之條件而加以因應更改，達到抑制及管理之目的。

地被植物之載重

地被植物具有防止土壤沖蝕、減少眩光、降低地面熱氣、防止污染等功能，又因成本低廉與使用容易，在屋頂綠化上能提供較大之利用空間。目前相關法規以被覆面積計算之，核發使用執照前至少其被覆面積應植栽四分之三以上，以照片上枝葉面積計算之。另規章亦規範最小覆土深度，而地被植物本身之載重部份因其屬輕質材質，單位重量從每平方公尺 12 公斤至 25 公斤不等，其載重量對結構體之影響極低，無要求計入對結構體之影響，惟設計及施工人員應依現場做安全之考量，故可以濕土重作為計算構件，並因土壤配比之不同而有所差異。

根團之重量

根團重量之計算式

$$W = K \pi A^3 \omega \quad (\text{式 2-2})$$

式中 A = 土團直徑(m，一般 $A = 4D + 0.12$ ，老樹則使用 $A = 4D + 0.09$)； D = 根基直徑(m)； $D = 1.5d$ ($d > 0.2m$ 時)； $D = 2 \sim 2.5d$ ($d \leq 0.2m$ 時) d_1 = 樹幹一人高處之直徑； K = 土團形狀係數。

植物材料的重量分成地上部分及地下部分：地上部份為幹、枝、葉之總重；地下部分則為根之土團重量。地下部分之重量多大於地上部分，故植物材料之重與土團大小有密切之關係。

灌木之載重

灌木(低中木)之計算式

$$W = K\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 H\varpi(1+P) \quad (2-3)$$

式中 d_b = 樹幹直徑(m, 地上 1.2 公尺的樹幹直徑); H = 樹高(m); k = 樹幹形狀係數(依樹種、樹齡不同, 概算為 0.5); \square = 樹幹每單位體積的重量(1.100~1.500kg/m³, 一般常綠樹較重、針葉樹及落葉樹較輕。); p = 依據枝葉多寡而得之比率(0.2~0.3)

高約 1 公尺之灌木, 重約 10 至 15 公斤; 1.5 公尺至 2 公尺之灌木, 重約 20 至 30 公斤。依現場做安全之考量, 可於放置至屋頂前先測量其單重, 便於結構安全計算。

喬木之載重

喬木(中高木)之計算式

$$W = K\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2 H\varpi(1+P) \quad (2-4)$$

式中 d = 樹幹直徑(m, 地上 1.2 公尺的樹幹直徑); H = 樹高(m); k = 樹幹形狀係數(依樹種、樹齡不同, 概算為 0.5); ϖ = 樹幹每單位體積的重量(1.100~1.500kg/m³, 一般常綠樹較重、針葉樹和落葉樹較輕。); p = 依據枝葉的多少得到的比率(0.2~0.3)

依現場做安全之考量, 可於放置至屋頂前先測量其單重, 便於結構安全計算, 並注意公式皆為計算植物地上部份之重量, 需加上地下部份根團之重, 是為總重。

(二) 種植土壤之載重

植栽所需之種植土壤大多由多種土壤種類依配比配置而成, 所以應先根據人工種植土的土壤種類類別作出不同的單位重量標示, 再由植物品種確定土層厚度之後, 算出屋頂種植土壤每平方公尺之荷載。

種植土壤關係到植物生長與屋頂承重等問題, 在兩者間取得平衡可達到最大效益, 為了使植物生長旺盛並盡量減輕土壤造成載重增加之問題, 新型的人工輕質土壤可盡量達到此要求, 其特色除重量輕之外, 有保水性良好、營養源適量之諸多優點, 一般園藝較多使用之種類為蛭石、珍珠岩、泥炭、木屑等材料, 但值得注意的是, 種植土經雨水或澆灌之後, 原本之乾容重(一般為 7 至 15 kg/m³) 在達到飽和狀態時之濕重

將比原本增大20%-30%，必須預留此空間於載重上，在荷重計算上建議以濕重做為計算基礎。

(三)排水層之載重

排水系統由兩個緊密相連的部分組成，排水材料以及原排水系統。排水層是由抗腐蝕的材料組成，水透過排水層可排至屋頂的排水管道，需根據排水層使用的材料計算其重量。而過濾層、防水層等統一併入種植土重量計算，簡化繁複小項荷載計算之工作。

為減輕各層之重量，排水材料可以市面上之輕量化產品替代，例如火山渣排水層、膨脹黏土排水層、空心磚排水層、塑膠排水板等產品；為應用於臺灣之氣候，亦可使用排水及保水效用合一之排保水板產品，目前市面上之排保水板大多使用塑膠製品，其重量已減到最低，適合屋頂綠化之需求及減輕載重之條件。

(四)花盆與雕像之載重

屋頂綠化若以花園為設計主軸，雕塑品是一重要元素，特別在目標為陳列藝術品的展示區、博物館等特殊案例上，屋頂便成為放置雕塑之理想場所。而在某些載重有限制，或是不適合全面綠化之屋頂案例，花盆、盆栽等種植用容器因具有自由搬動之因素，可靈活運用於其中。

以上兩種類型之附加物，可於施工前由設計及施工人員做現場評估，以確保安全。雕塑之重量需看材質而定，木雕及金屬薄壁製品的重量較輕，可以忽略不計，但底座通常比雕塑本身之重量要重，是項不可忽略之集中荷載；而低矮花盆可由種植土之重量並按尺寸計算，若大型種植容器則必須加入容器材質，並且按在屋頂所佔面積計算成平均載重。

(五)假山石與水池之載重

水流在庭園造景上可展現的型態相當豐富，自古以來不論是在人文風情、景觀變化上皆是不可或缺，但若在建築物正在建造或完成後才考慮添加水文要素，就必須考慮建築物既有載重限制。在10公分深時，分佈載重為 100 kg/m^3 ，水深100公分時水體之單位重量即高達 1000 kg/m^3 。瀑布造景所使用的是垂直方向之水流，比起平面流體使用水泵進行循環時，需另外考慮水體流動所產生之額外衝擊。與之相輔相成的是石材

的結合，兩者之佈局可營造出統一和諧的整體，但在重量的配置上必須先行規劃。選擇使用天然石材時，由於屋頂整體重量之限制，可以將其擺放至柱子等承重的位置上，按集中荷載考慮；在強度相對較低的屋頂上，或是需要在承重能力較低之區域上佈置時，可選擇使用人造岩石等輕質化替代石材，從而達到單純使用天然石材難以達到之效果，減低承載負擔。人造岩石可依實際石體之體積乘以0.7-0.8之孔隙率，求出每平方公尺的平均荷載，但在擺放至現場之前仍需再進行重量測量，之後再行擺置。

(六)小品與建築之載重

屋頂上之附加載重除了一般綠化之植栽及造景用山水之外，亦有針對不同使用族群而設定的使用目標中，為達到休憩效果而建造特定之結構物，其中以小型亭廊等為常見之結構物。此種結構物提供人們休憩，以及抵抗過熱天況或躲避降雨之場所，除了起到遮蔽作用之外，同時可減少眩光之影響。傳統仿古建築或西式建築的重量皆取決於其型式、材料及作法，仿古建築的長廊或是西式建築的小徑之荷載，由獨立之木柱傳遞至屋頂結構的樓板或樑上，同時也由屋頂承受其集中荷載，若此集中載重過大，需增加屋頂樓板之強度，重新對樓板載重做必要之驗算。

另有功能性之結構物，例如在高層建築上可建造擋風牆等掩體，減少風力及風速在建築兩側形成突然加大之瞬風。而休憩型的兒童遊樂設施之重量亦取決於材質及規格，於現場使用狀況做調整。

(七)屋頂載重確認計算表

計算屋頂綠化工程的重量，可通過下表列諸出之簡單方法來大致估算屋頂花園所可能產生的荷載。藉由資料可大致估算是否超出結構所能負荷的載重限制；亦可藉由此方法，對新建築屋頂所需要的載重限制提出要求。計算完成後，仍須於現地進行資料調整及修正，以確保資料的準確性。

表2-5 載重確認表

材料	重量*數量=總重	備註
土壤	$\text{kg}/\text{m}^3 * \text{m}^3 = \text{kg}$	濕土重
排保水系統	$\text{kg}/\text{m}^2 * \text{m}^2 = \text{kg}$	含水狀態下
組合式盆栽	$\text{kg} * \text{個數} = \text{kg}$	
喬木	$\text{kg} * \text{棵} = \text{kg}$	
灌木	$\text{kg} * \text{棵} = \text{kg}$	
地被植物	$\text{kg}/\text{m}^2 * \text{m}^2 = \text{kg}$	
其餘擺設之重		可依實況分別計算
水塔等加建物		可依實況分別計算
總計	kg	

(資料來源:本研究整理)

計算方法是在屋頂施工處隨機抽取1平方公尺面積的區域，計算出其中每一樣材料的重量，隨後將這些重量相加，即可得出這1平方公尺區域的總重量。配合實際情況及所需材料修改表格內容，表格項目可隨需求自由增減及修訂。

單張表格最終計算結果即為集中載重之近似值，相鄰之區塊若計算出之結果較小，此區塊重量將會分散至抽樣區域以外區塊，因而屋頂所實際承受載重比計算得出之平均載重值略小，可以此表格對屋頂進行屋頂上構件之總和估算。

三、屋頂綠化工程承載力簡易評估

根據內政部建築研究所民國九十九年之《屋頂綠化建構技術之研究》中屋頂綠化結構載重評估方法，提供使用者做為是否施作屋頂綠化之參考，記分結果即為初步評估結果，若結果顯示強行施工有產生危險之疑慮，則須停止屋頂綠化工程，或依實際狀況進行結構補強，再行施工。

易評估方法以記分方式進行評估，做為是否施工之依據。評估表內容如表2-3 所示，內容可分為簡易施工檢測及使用性能評估，各項目依重要性配分之總和為100分，依據評估內容及權重分配予以計分，即可得施工前評分總計。

利用此方法所得之計分，若小於或等於20 分，表示該建築物不需進行補強，可請廠商至現場做進一步作業；若大於20 分，則建議對結構做進一步評估，並進行構件維護及結構補強，降低潛在危險之後再行施工。

表 2- 6 簡易評估表

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

(資料來源:本研究整理及屋頂綠化建構技術之研究，2010)

第三章、薄層式屋頂綠化建構與管理

第一節、規劃設計及施工要點

一、施工流程與規劃設計

(一)施工流程

(1)施工單位現場勘查

經過初步簡易評估之後，施工單位需依照使用者之需求規劃施工藍圖，經現場勘查後進行施工。其中需注意屋頂綠化所使用之構件必須隨建築物結構安全及可能遭遇之問題進行調整，使其不影響建築物耐久度與使用安全；屋頂防水系統如有劣化之可能，必須加以修補或翻修，在施工之前需確認屋頂能承受使用者所提出之要求，再依現場狀況與使用者進行溝通。

若廠商於施工前或施工期內發現建築物缺陷，必須立即停工，依損害狀況決定再施工可能性，於現場勘查後顯示安全有疑慮之施工現場，需進行結構檢測。若檢測結果若能承載所設定之載重，且無安全上之疑慮，即可依允許載重施工，但仍需對結構繼續進行例行性的維護，以確保工程之耐久與使用安全；所得結果若無法通過檢測，則表示結構之強度有不足之處，必須針對重點進行修補及補強，使其符合載重要求，才能施工。

(2)屋頂綠化施工建議

本研究研擬之表格可做為使用者初步評估之用，屋齡過於老舊將會影響結構構件之劣化程度、積水與滲水之嚴重程度以及各種使用現況隨著時間增加而改變，單項之評分以使用者感官及肉眼評估，不確定之項目建議將其給分程度提升，對評估標準嚴格以待，保守評分以策嚴謹。

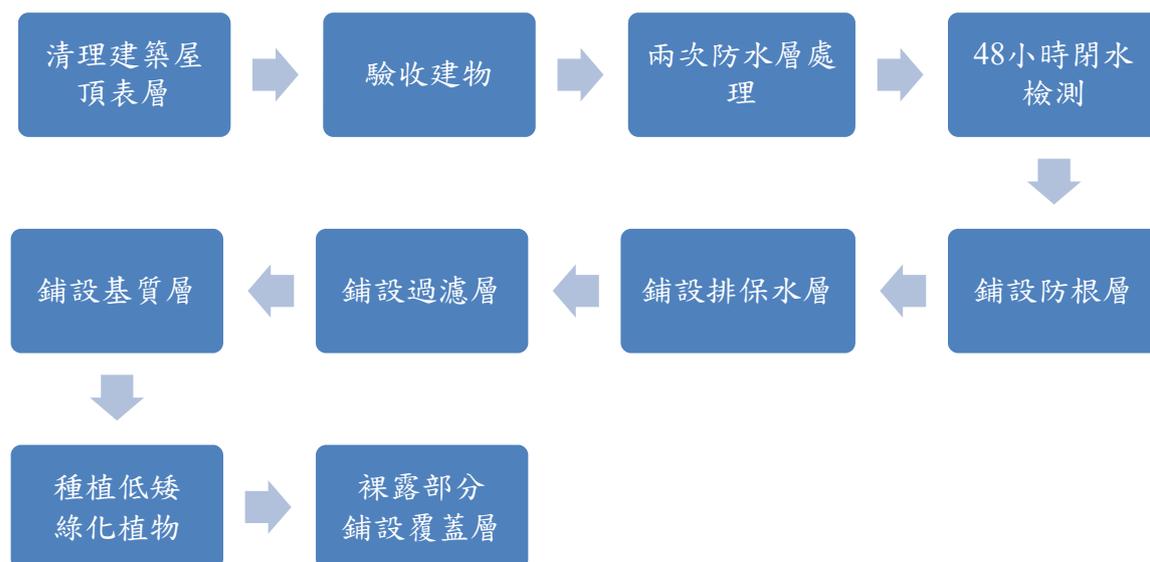


圖3-1、薄層式屋頂綠化的施作流程

(資料來源：屋頂綠化技術手冊及本資料整理)

(二) 規劃設計

薄層屋頂綠化的結構層依施作地點的結構、型態以及施作者期望的不同而略有差異。主要結構包括自建築屋頂上依次為：防水層、阻根層、(蓄)排水層、隔離過濾層、介質層、植栽層。其中蓄水層、隔離過濾層可視個別情況設置。

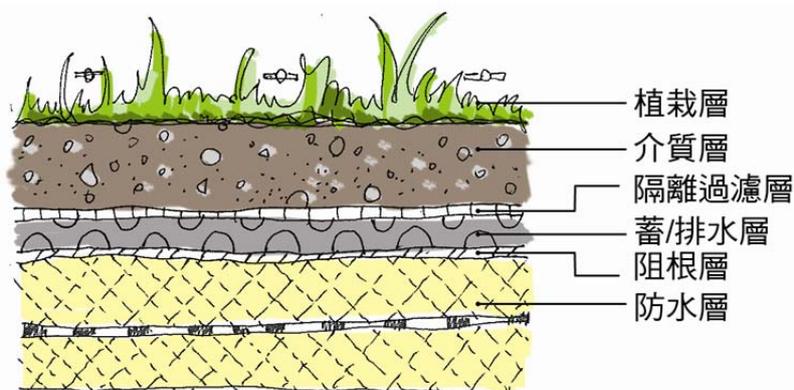


圖3-2、薄層式屋頂綠化結構設計圖

(圖片來源：本研究整理)

1、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以水泥塗抹成圓弧狀。
- (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，防水重疊鋪設處應超過15cm。
- (4)建築突出物之立面防水層應高出栽培介質高度15cm。
- (5)建造時建議進行二次防水處理。
- (6)屋頂綠化防水施工後，應進行閉水檢測實驗，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—有無積水。

2、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。

3、蓄/排水層

蓄/排水層主要目的是盡快排走過多水分，以防止水分長期飽和，且排水層有助於底層透氣。目前有排保水板模組具排水及保水之功能，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、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，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，可以粗顆粒之材料作為過濾材質。
- (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。
- (8)若有裸露空間須有保護措施。

4、隔離過濾層

過濾層位於栽培介質層下及(蓄)排水層之上，其主要功能為濾除被水沖走的泥沙，還有防止排水管泥沙淤積的功能，主要的目的是將小顆粒、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不織布材料，為一種很常用於過濾層的材質，因為適用於保護土壤，強韌耐壓不損破且具防止沙土流失、水土保持滲水性良好、不阻塞、耐磨性強和水土保持滲水性良好等功能，相當適用於濾層、保護及平面排水、不透水布保護層。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，應慎選不織布密度，以避免阻塞情形，易造成積水問題，其阻塞原因有土壤細小顆粒和膠體物質吸附於膜表面或膜孔、膜表面有生物膜黏著(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。

5、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、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)。詳細規範請參閱下一節。屋頂綠化介質應符合厚度要求，薄層式屋頂栽培介質厚度應至少10 cm，以維持植栽存活性；若介質層過厚則導致結構載重問題，故應 ≤ 30 cm，建議亦依不同綠化植物而有所改變。

6、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，為防止種植基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。薄層式屋頂以低矮灌木、草坪、地被植物和攀緣植物等為主，且因介質層淺薄，環境較嚴苛，亦應選用耐逆性強之植物種類。建議屋頂綠化灌溉設計應設計自動噴灌、滴灌裝置，預留人工澆灌接頭，以確保屋頂綠化之成功。

二、施工要點

為防止薄層屋頂綠化設計施工過程中出現問題，甚至設置屋頂綠化失敗，以

下依據薄層屋頂綠化重要設計要點與常見的缺失進行分項說明。

(一)保護防水層免於破壞

- 1、施作屋頂綠化前將進行屋頂防水工程施作，且須經過 48 小時的閉水測試，確認無漏水疑慮再行施工。
- 2、缺乏屋頂綠化工程經驗之工人可能於砌磚、剷土工作及吊掛作業，不小心劃破了屋頂防水層造成房屋漏水。
- 3、應採取嚴格的施工管理機制，並設置防護機制，如：於屋頂綠化鋪設介質層時，設法增加緩衝，保護防水層免於介質倒入時直接的衝擊；並於施工期間免於日照紫外線的破壞，防止防水層裂化。
4. 屋頂表面建議應全面鋪設介質等材料，以保護地板鋪面。

(二)確認屋頂良好之排水能力

- 1、屋頂綠化設置應有最少 2%的斜度以利排水，全面施作時應留有排水通道。
- 2、在防水層上鋪設阻根毯加排水板或封閉型排水板以利排水。如考量灌溉成本，可以採用有蓄水功能的排水板。
- 3、此外，以往施工為怕漏水在防水層上鋪設一層塑膠布，但據業者經驗，反而造成排水不良、造成積水問題。
- 4、另一主要問題，因綠化設施可能改變屋頂既有之排水路徑或阻塞排水孔，造成雨水宣洩不及，使屋頂積水。因此，完善且可靠的排水設計、定時疏通排水路徑、多設排水孔、排水孔鐵閘石礫於排水口周圍及設置高帽落水頭等，均有助於屋頂積水之防範。
- 5、屋頂綠化於設置時，應與牆面或房屋內部之邊緣有一定距離，可防止地表逕流流入室內、土石或植栽帶入室內及植物竄根於牆面，並且避免斜向的降雨順著高樓層的壁面將介質沖刷殆盡。其保持之距離亦可留用為排水空間溝渠，可確保於短暫暴雨時順利排除逕流。

(三)選擇正確合適生長介質

薄層屋頂綠化其介質層淺薄，植栽僅仍仰賴介質中有機質及水分，使其能夠正常生長；卻在一段時間過後，有機質被吸收及土壤流失，造成介質沉降及養分不足，故建議有機質量應小於 20%。故雖因考量承載量的問題，選用輕質介質且厚度淺薄，但保水力較低，建議覆土仍至少 10 cm 以上為佳。

(四)選擇正確合適植栽

因土層較薄，故植栽低矮且植物種類較單純，無法提供多層次與豐富棲息空間，常選用淺根類，具耐旱、熱性等特性之植物，尤以多肉植物、地被植物及濱海乾旱植物種類為佳。

在栽種初期，即考量該植栽物種的生長速度、生長潛力及其所需之養分。屋頂綠化選用植栽時，應詢問相關植物及景觀專業人士尋求意見。常見之植物種類請參閱此章第三節。

(五)維護管理

薄層型屋頂綠化通常採取低維管的照護，一年至少4次以上之檢查頻度，且維護費用低、壽命長及荷載量輕。應引導業主或使用人建立屋頂綠化維護管理政策，擬定適合的管理措施。故如何降低維護管理的頻度及成本，亦能符合生態永續的目的是重要課題。以下為薄層式屋頂綠化常見維管問題：

- 1、因介質層淺薄，需要完善的灌溉，以免在維護之外的期間因為旱季而土壤乾涸。
- 2、為降低維管頻度，常種植生長緩慢的植物，易出現雜草叢生之現象，建議利用密植方式種植降低雜草出現率，維持良好之景觀效果。此外，定期清除或修剪草亦是重要工作之一，確保在一定的生長週期內不再萌發即可。

(六)其他

- 1、屋頂綠化施工應選有屋頂綠化經驗或經臺灣屋頂綠化暨立體綠化協會認證合格之廠商並按照設計圖施工。
- 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。
- 3、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。
- 4、為防止高空物體墜落和安全性，應在屋頂四周設置防護圍欄或女兒牆高度應高於130cm。

第二節、介質選用要點與種類

一、介質選用原則

為考量屋頂的承載能力，故土層無法太厚，一般採用天然土壤與輕型栽培介質混用。因此如何選擇好栽培介質，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屋頂綠化栽培亟需解決的重要課題。介質選用必須考慮輕量化、保水性佳、排水性佳、保肥性佳、顆粒化，不會硬化、不易分解等條件。

(一)輕質

薄層式屋頂綠化適宜于承重條件苛刻的建築物屋頂，對栽培介質重量有嚴格的要求。自然土壤比重一般都在 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 以上，不宜用於薄層式屋頂綠化，適合於薄層式屋頂綠化的栽培介質於風乾和飽和水狀態下比重分別在 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 左右。

(二)薄層

在屋頂實施綠化，通過盡可能的降低種植層厚度無疑是非常有效的減輕承重措施，然而降低生長層的厚度，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生長必需的介質條件，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。

(三)穩定

薄層式屋頂綠化完成施工後，其使用年限最好在5-20年才有推廣價值。影響屋頂綠化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，大幅度更換生長介質的難度將會很大。劣質的屋頂綠化栽培介質在使用不長的時間裡，由於材料的破碎或降解，結構性會發生很大變化，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。因此應要求介質的物理結構、酸鹼度、養分供應等穩定性要長久。

(四)環保

不污染環境是進行屋頂綠化的基本要求，過去的人工栽培介質原料大部分是選自天然無機礦物和天然有機材料，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。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，應做到介質的製造和使用不會對環境造成污染。

二、薄層式屋頂介質種類

無土介質的種類相當的多，目前仍然被不斷的開發出來，無土介質分有機及無機兩大類：「有機無土介質」如泥炭土、蛇木屑、水草、椰子纖維等；「無機無土介質」如真珠石、蛭石、發泡煉石、保綠人造土等。

(一)有機無土介質

1. 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 值偏低(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。

2. 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。

3. 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。

4. 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，可適度將稻殼炭化或粉碎。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。

5. 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。

6. 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。

7. 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。

8. 其他農業廢棄物：

如玉米穗軸、高粱桿等，需醱酵完全才能使用。

9. 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。

(二) 無機無土介質

如蛭石、珍珠石、水陶石、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。其中蛭石、珍珠石及水陶石簡介如下：

1. 蛭石

蛭石為矽酸岩礦物經770 oC 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。

2. 真珠石

真珠石為矽酸鋁火成岩先經粉碎後，再經900°C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。

3. 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。

4. 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。

5. 保綠人造土（人造纖維絲）

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。

6. 發泡煉石(矽石)：

發泡煉石是黏土經過造粒後以700°C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。

5. 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°C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。

三、薄層式屋頂介質特性

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、膨脹頁岩等。混合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) 針對薄層屋頂綠化介質特性制訂標準為含水量35%至65%、充氣孔隙度 $\geq 10\%$ 。

栽培介質應選用不易流失、體積穩定之專用介質(如植生陶石、發泡煉石、保綠人造土、沸石、砂壤土等)。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裁培介質體積20%以下。調配後之介質應符合下列規範：

表 3-1、薄層式屋頂綠化介質之理化特性理想標準

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

(資料來源：修改自FLL標準)

不同植栽所需求的介質特性亦不相同，下列為薄層式屋頂綠化區分需水性高植物、通用型之介質及需水性低植物適用之介質特性。各理化性狀項目(土壤粒徑、保水力、空氣孔氣度、pH 值、EC 值、有機質含量)皆須透過相關試驗單位進行調查分析。

表 3-2、薄層式屋頂綠化依種植植栽區分其介質特性

指標項目	需水性高植物適用	通用型之介質	需水性低植物適用
土壤粒徑 $d < 0.063$	$< 20\%$	$< 15\%$	$< 15\%$
粒徑分佈	$< 0.06\text{mm}$	0-15 %	0-15 %
	0.06-1 mm	0-100 %	0-62 %
	1-6 mm	28-100 %	11-100 %
	6-12 mm	0-28 %	0-37 %
保水力	45-65%	35-65%	30-50%
空氣孔隙度	$\geq 10\%$	$\geq 10\%$	$\geq 10\%$
pH 值	6-8.5	6-8.5	6-8.5
EC 值	1.5-3.5 dS m^{-1} (飽和萃取液)	$\leq 3.5 \text{ dS m}^{-1}$ (飽和萃取液)	$\leq 3.5 \text{ dS m}^{-1}$ (飽和萃取液)
有機質含量	$\leq 90 \text{ g/L}$	$\leq 65 \text{ g/L}$	$\leq 65 \text{ g/L}$

(資料來源：修改自 FLL 標準)

三、介質種類之選擇與調配

介質的選配並非一成不變，而是根據當地資源合理選配。原則上應不同輕重、保水性、通氣性等性質的介質進行配製，調配後的介質特性應接近理想介質特性標準如上表，再考慮操作方便、價格便宜、清潔無毒等要素即可。單一介質無法適用於所有環境，混合介質不僅能使植物生長較佳，同時能減輕屋頂載重。常用介質類型與配製比例如下表：

表 3-3、常用介質類型與配製比例參考

主要配比材料	配製比例
植生陶石，粗砂，保綠人造土，腐殖土	3:3:2:2
砂質壤土，輕質材料	1:1
腐葉土，蛭石，砂土	1:2:7
砂質壤土，泥炭苔，(蛭石和肥)	4:1:1
砂質壤土，腐殖土，真珠石，蛭石	5:2:2:1
砂質壤土，腐殖土，蛭石	7:2:3

(資料來源：本資料蒐集)

四、介質厚度對植物生長之影響

介質越厚則能提供較高之含水量且能提供根部生長空間較大，但薄層型屋頂綠化選用輕質介質且厚度淺薄，但造成保水力較低、根圈溫度變動越大，因此建議覆土仍至少10 cm以上為佳。此外，因考量承載量的問題，土層厚度需介於10-30 cm，使植株生長、存活率及覆蓋表現較佳。

第三節、植栽選擇原則與種類

植物選擇與種植是屋頂綠化中最重要的一個環節，其他所有措施都是為了屋頂上植物的成活和生長。屋頂綠化植物的正常生長受許多因素的影響，如介質厚度、屋面傾斜角度、光照和局部微氣候、排保水板型式等等。在綠化種植中，要全面瞭解植物本身的特性、植物對生長環境及維護管理的要求，做到合理地選擇利用植物，使其綠化功能和種類的選擇巧妙結合。

一、薄層式屋頂綠化植物的選用原則

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。

屋頂綠化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。

二、薄層式屋頂綠化常用植物種類

(一)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。

表3-4、多肉植物類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
垂盆草 <i>Sedum sarmentosum</i>	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。	●	●	
松葉景天 <i>Sedum mexicanum</i>	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。	●		
萬年草 <i>Sedum hispanicum</i>	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。	●	●	●
圓葉景天 <i>Sedum makinoi</i>	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。	●		
小松葉牡丹 <i>Portulaca gilliesii</i>	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。	●	●	●
大花松葉牡丹 <i>Portulaca grandiflora</i> 'Jewel'	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。	●	●	●
彩虹馬齒牡丹	性喜高溫全日照，植株具耐旱性，	●	●	●

<i>Portulaca oleracea</i> 'Hana Misteria'	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。			
小花馬齒牡丹 <i>Portulaca oleracea</i> 'Wildfire'	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。	●	●	●
落地生根 <i>Bryophyllum pinnatum</i>	多年生肉質草本植物，莖直立，多分枝，繁殖及栽植容易，土壤環境嚴苛下仍可存活，且耐旱性強。花期 3~5 月。		●	
黃蝴蝶之舞 <i>Kalanchoe fedtschenkoi</i>	可於強光下生長，且增加斑葉色澤。耐旱性強，土表乾燥時再澆水即可，避免種植於潮濕環境。	●	●	●

(資料來源:本研究整理)

(二)地被植物類

表3-5、地被植物類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
怡心草 <i>Tripogandra cordifolia</i>	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。	●	●	●
小蚌蘭 <i>Rhoeo spathacea</i> 'Compacta'	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。	●	●	●
彩葉蚌蘭 <i>Rhoeo spathacea</i> 'Variegata'	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。	●	●	●
吊竹草 <i>Zebrina pendula</i>	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。	●		
蜘蛛百合 <i>Hymenocallis speciosa</i>	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。	●	●	●
文殊蘭	常與蜘蛛百合葉片較寬，且花被	●	●	●

<i>Crinum asiaticum</i>	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。			
斑葉桔梗蘭 <i>Dianella caerulea</i> 'Silvery Stripe'	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。	●	●	●
紅籠草 <i>Alternanthera dentata</i> 'Ruliginosa'	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。	●	●	●
蔓性野牡丹 <i>Dissotis rotundifolia</i>	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。	●	●	●
矮性翠蘆莉 <i>Ruellia brittoniana</i> 'Katie'	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。	●	●	●
斑葉絡石 <i>Trachelospermum asiaticum</i> 'Tricolor'	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。	●		
矮筋骨草 <i>Ajuga pygmaea</i>	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。	●		
蔓花生 <i>Arachis pintoi</i>	植株匍匐生長迅速，莖節易長不定根。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。		●	
粉團蓼 <i>Polygonum capitatum</i>	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。	●	●	●
紫嬌花 <i>Tulbaghia violacea</i>	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。	●	●	●
繁星花 <i>Pentas lanceolata</i>	半日照下生長開花良好，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。	●		
黃邊虎尾蘭	多年生宿根草本，水分需求低，耐		●	●

<i>Sansevieria trifasciata</i> 'Golden Hahnii'	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。			
腎蕨 <i>Nephrolepis auriculata</i>	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。	●	●	●
狐尾武竹 <i>Asparagus densiflorus</i> 'Myers'	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。	●		
沿階草 <i>Ophiopogon japonicus</i>	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，屬耐蔭植物，且耐熱性與耐寒性等也極佳。另有斑葉品種較喜強光環境。	●	●	●
蔥蘭 <i>Zephyranthes candida</i>	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。	●		
韭蘭 <i>Zephyranthes carinata</i>	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，高溫後降雨開花茂盛。	●		

(資料來源:本研究整理)

(三)灌木類

表3-6、灌木類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
杜鵑 <i>Rhododendron spp.</i>	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。	●	●	●
翠蘆莉 <i>Ruellia brittoniana</i>	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。	●	●	●
麒麟花 <i>Euphorbia milii</i>	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。			
細葉雪茄花 <i>Cuphea hyssopifolia</i>	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。	●		
斑葉六月雪 <i>Serissa foetida</i> 'Variegata'	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。	●		
錫蘭葉下珠 <i>Phyllanthus myrtifolius</i>	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。	●		
矮仙丹花 <i>Ixora x williamsii</i>	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。	●	●	

(資料來源:本研究整理)

(四)香草植物類

表3-7、香草植物類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
芳香萬壽菊 <i>Tagetes lemmonii</i>	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。	●	●	●
斑葉到手香 <i>Plectranthusamboinicus</i> 'Variegata'	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。	●	●	●
檸檬香蜂草 <i>Melissa officinalis</i>	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。	●		
迷迭香 <i>Rosmarinus officinalis</i>	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。	●	●	●

茴香 <i>Foeniculum vulgare</i>	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。	●		
甜菊 <i>Stevia rebaudiana</i>	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。	●		
紫蘇 <i>Perilla frutescens</i>	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。	●		

(資料來源:本研究整理)

(五)臺灣原生植物

表3-8、臺灣原生植物類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
蔓荊 <i>Vitex rotundifolia</i>	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。	●		
土丁桂 <i>Evolvulus alsinoides</i>	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。		●	●
銳葉小槐 <i>Ohwia caudata</i>	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。	●	●	●
小葉赤楠 <i>Syzygium buxifolium</i>	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。	●	●	●
穗花木蘭 <i>Indigofera spicata</i>	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。	●	●	●
越橘葉蔓榕 <i>Ficus vaccinioides</i>	為臺灣原生植物，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。	●		
雷公根 <i>Centella asiatica</i>	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。			
雞兒腸 <i>Kalimeris indica</i>	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，	●		
射干 <i>Belamcanda chinensis</i>	為臺灣原生植物。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。	●	●	●
臺灣佛甲草 <i>Sedum formosanum</i>	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。	●		
山菊 <i>Farfugium japonicum</i>	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。	●	●	

(資料來源:本研究整理)

(六)草坪

表3-9、草坪植物之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
臺北草 <i>Zoysia matrella</i>	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。	●	●	●
假儉草 <i>Eriochloa ophiuroides</i>	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。		●	●
地毯草 <i>Axonopus compressus</i>	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	●	●	●

*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、薄層式屋頂綠化植物遭遇問題

(一)臺灣夏季高溫、暴雨所造成的溼熱環境容易誘發病害

現今世界各國多使用生態環境與綠屋頂相似，符合前述多種環境條件與限制的景天科多肉植物為主；但在臺灣夏季溼熱的環境條件下，尤以南部地區常有夏季生長衰弱與因雨腐爛的問題尚待克服，因此需要開發更多適用的植物材料，或者能夠選用一些臺灣原生種植物，較容易適應本地環境。

(二)植物的馴化措施

許多綠屋頂適用植物原具備有耐旱、耐曬等生理特性。但生產者為加速生產並提供一般消費者栽培環境所需，常使用遮蔭與肥培管理的方式，致使植物移植至屋頂環境因為環境差異過大，造成生長不良甚至枯死。故於定植前應先經過馴化過程，讓植物能逐漸適應。依照不同季節，植物出貨前馴化措施須做調整，建議於出貨前兩週增加或降低澆水頻度，可使植株定植後表現良好，有助於抵抗屋頂嚴苛的環境。

(三)植物材料生產模式多樣化與經濟性

目前多植物等材料以3寸軟盆或紅塑膠盆生產模式為主，但由於光是軟盆土球高度就超過薄層介質厚度，易影響植栽生長。建議採用植栽毯方式種植，除省時外，植株生長表現亦佳，但仍有成本、運輸等問題待克服。3寸盆移植方式則可適用生長較快速之植物種類，能快速覆蓋裸露土表。未來如能研究、開發甚至生產適合薄層式綠屋頂使用之容器苗，將可提昇綠屋頂建構成本與施工的簡化，帶動綠屋頂植物產業的鼎盛發展。

第四節、植栽及周邊設施維護管理方法

薄層型屋頂綠化通常採取低維管的照護，一年至少4次以上之檢查頻度，且維護費用低、壽命長及荷載量輕。因介質層淺薄，需要完善的灌溉以及排水設施，以免在維護之外的期間因為淹水而造成植栽根系壞死，或者是因為旱季而土壤乾涸，清除萌蘗亦是重要工作之一，只要確保在一定的生長週期內不再萌發即可。另外常見問題就是滲漏水或水管阻塞，因低維管，落葉雜物容易淤積，故須定期檢查排水系統是否順暢。

一、屋頂綠化植栽生長維護方法

屋頂薄層綠化成效的好壞，植栽的存活與維持景觀是重要課題。植栽的管理項目有：澆水、施肥、修剪、除草及病蟲害防治等工作。依不同的地理位置和自然環境條件具有不同的植栽管理方式，如臺灣夏季氣候炎熱需增加澆灌頻度，南部頻度又須高於北部。另外部分植栽有季節性消長的問題，會因不同季節展現出不同風貌，建議利用混植方式種植，有利於增加歧異度和複雜性，避免因為單一植物而造成植被在不同季節產生枯黃之現象，因此，當植栽生長不良時，需檢查該植栽的生長季節，又或者是蟲害之影響造成。

(一) 灌溉作業

灌溉是屋頂綠化中之必要條件，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。薄層式屋頂綠化屬於低維護管理，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。

(二) 施肥作業

於屋頂上進行綠化時，施肥應小心謹慎，以薄層式屋頂綠化而言，施肥過多對維護不利，反而造成雜草快速生長，抑制競爭力較弱的植物生長，若非必要可不需施肥即可維持穩定的生長。若需施肥應採取控水控肥方法，抑制植物生長過快的狀況，降低建築物載重和維管成本。一般而言，屋頂綠化建設 5-6 年後，由植物生長的狀況可以減少肥料的使用量或不再施肥，以降低對環境的危害。

(三) 修剪作業

屋頂綠化植物生長過程中，需要根據植物的生長特性，定期除花和整枝修剪，當植物生長快速且未修剪時，因株高過高，影響灌溉噴頭的功能，易造成角落區塊的植栽無法灌溉而死亡。一般而言，灌木栽植滿2年後，每年早春進行修剪；草坪鋪設後當年修剪1-2次，第2年開始每年春季、夏季及秋季各進行1-2次修剪，維持5-7 cm的高度。修剪結束後要即時進行清理。

(四) 雜草控制

在薄層屋頂綠化中雜草生長是不可避免的，如風、鳥或人都可能帶來新的雜草種子。雜草會在最佳生長時期占據指定植物的空間，消耗營養與水分，於乾旱與壓力時期死亡，最終在屋頂上留下大片的斑塊。當屋頂綠化植物生長覆蓋達一定程度時，對雜草種子發芽具有更高的抵抗力，但於定植初期，介質裸露處易有雜草叢生的現象。若介質一開始就含有雜草種子，即無法防止雜草出現。因此，通常應採用指定的消過毒的基質，並在建置時做檢驗。但即使消過毒的介質也可能帶來雜草，因而盡早且有規律地除草非常重要。屋頂綠化定植初期，應當除草數月以控制雜草品種的改變，通常在雜草結籽之前除草，良好的做法是掌握雜草的種植區域生長發芽的季節模式。此外利用密植方式種植亦可降低雜草出現率，尤以生長緩慢的植物種類，定植時建議可增加植植密度。除了維持良好景觀外，也可降低雜草出現率。若想營造生態型屋頂，亦可採用修剪取代拔除雜草，僅需定期修剪，維持一定高度即可。

(五) 介質管理

長期栽植植物，有時會出現土質硬化或根糾結的情況，影響植物的正常生長，對此要及時減去老根，換上新土。另外，頻繁的大風和降雨容易造成土壤的大量流失，或介質分解後造成土層下降，因此須適時的補充新土。此外，暴雨過後或噴灌之水壓等，易造成介質鋪面不均勻，低窪處容易積水，使介質間水分無法流通，植栽生長受影響，建議可定時進行土面平整作業或定時更換噴頭位置，以改善此問題。

(六) 病蟲害防治

病蟲害對屋頂綠化的視覺效果影響很大，因此在屋頂綠化的養護管理中，要採用積極的防治措施，但須以預防為主，綜合防治為方針。當發現病蟲危害時，盡量採用對環境無污染或污染較小的防治措施，如人工及物理防治、生物防治、環保型農藥防治等措施，嚴禁使用劇毒化學藥劑、農藥等。

二、屋頂綠化硬體設施及建物管理方法

屋頂綠化最大之重點在於減少雨水逕流以及蓄留雨水，可是不良之屋頂建築會造成屋頂漏水，或者是屋頂綠化積水導致植栽根系腐爛，因此屋頂綠化對於建造場址之屋頂環境也是必須維護的重點之一。

(一)排水系統設置

1. 為讓排水順暢，若排水口外露的部份，可將過濾資材蓋在排水口周圍，擋住落葉，避免暴雨過後造成積水過多，亦可能屋頂負荷過重，導致屋頂建築物的損毀，即為本末倒置之舉。
2. 建議仍須定時檢查排水系統及清除雜草落葉，確保排水孔無阻塞的現象。
3. 綠化範圍與女兒牆牆面貼齊，牆面的雨水把土壤沖刷殆盡，應於牆壁等雨水大量通過的部位設置擋土牆、U型溝等，必須事先設置排水溝。

(二)澆灌系統設置

1. 一般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。
2. 滴灌與噴灌為目前兩種主要的澆灌方式，滴灌的優點為：可增加植物的根域以及吸收效率、吸收水分的區域，緩慢釋放水分可減少因為澆灌造成之多餘逕流，又因為可以控制潮濕的區域，可以減少雜草的生長，減少去除雜草之費用，因此滴灌系統為常見之灌溉系統，但滴灌系統需較良好水質以免阻塞。
3. 雨季來臨時，定時澆灌系統依然會照著時間進行澆灌，可配合雨水偵測器進行偵測，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. 灌溉水源需注意保持乾淨，避免水體之中有病源體造成植物染病。
5. 因水質問題，容易引起噴頭阻塞之問題，建議的定時清理灌溉設備。

(三)屋頂綠化基質流失檢查

屋頂綠化的介質隨著頻繁的大風和降雨之後，會造成流失的情況，當介質流失過多之時，會造成植栽生長無法獲得足夠的營養，以及因為基質流失形成植栽的根系無法附著，造成植栽枯萎。另外，目前常使用的有機介質因長時間分解，造成土層下陷，建議介質可添加砂質壤土或適時的補充新土，以減少此現象發生。

(四) 植栽之檢查

當屋頂綠化完成之後，如果沒有定期進行雜草或者枝葉剪裁，當植栽生長過於茂盛會造成屋頂承載重量超過當初規劃的安全載重，如遇到雨季，將會因為屋頂綠化蓄積之雨水與生長茂盛枝植栽過重導致屋頂坍塌意外。草坪之生長條件通常較一般屋頂環境較佳，因此會吸引一些雜草的入侵，如果不去處理這些雜草會造成植栽因為雜草爭取養分而枯萎。

第五節、管理制度及養護費用

屋頂綠化建成後，通常於施工之保固期內因為專業廠商維護通常較無太大問題，而於保固期外具有良好管理層級制度下，其後續屋頂綠化維護管理與使用度較佳。因此建議於保固結束前，必須有完整的管理體制，包含建築物管理的檢查制度、維護管理人員制度及養護費用預算之編列等。

一、建築物管理檢查

屋頂綠化希望可以達到永續利用的原則，所以需要依各種屋頂、綠化建材，以及房屋建材之年限進行維護，茲列如下：

- (一)屋頂年限：屋頂綠化顧名思義為建設在屋頂上之綠化設施，因此屋頂之檢查是重點之一，屋齡越高，屋頂的乘載能力就可能下降，為避免屋頂綠化因屋頂本身的損毀而毀壞，在設計之初就要先進行屋頂的補強作業，屋頂本身的年限也要注意且考慮屋頂年限已到的情況下評估建造屋頂綠化的實用性，或者利用其他方法減低屋頂的負荷。
- (二)綠化建材年限：綠化建材本身就有一定的壽命，在國外因為地震較少，故屋頂綠化通常可以維持十五年以上，反觀臺灣地處歐亞板塊邊緣，造成地震的頻率較為頻繁，因此要定期檢查屋頂綠化建材的年限，避免屋頂綠化建材已到了年限，卻因為沒有進行更換，發生損毀情形。
- (三)房屋建材年限：臺灣的雨量比較大以及地震頻繁，這些都是造成房屋年限降低的原因，而一般建材之材質及構造不同，也會有不同之年限，再進行屋頂綠化前，應先檢查設計場址之房屋構造穩健與否，在屋頂綠化完成之後，要依據不同的房屋建材有不同之房屋檢查機制，例如防水機制、載重檢查植栽

之生長情況檢查等，預防屋頂綠化因為房屋本身的年限而造成使用上時間縮短，造成無法達到預期效果之遺憾。

二、管理人員制度

可由使用單位自行組成維護小隊，共同營造良好環境，同時加強組成人員向心力，於屋頂綠化後續維管上將事半功倍。此外，管理人員亦須經過教育訓練，透過單位擬定之維管手冊，方便管理員交接，用心確立管理體制。

(一)施作人員管理

施作屋頂綠化人員必須要受過專業訓練，因為屋頂綠化與一般平面所施作之建築大不相同，不只是要注意屋頂綠化本身的強度，也要注意屋頂本身之強度以及房屋年齡等問題，因此必須得訓練專業之施作人員。

(二)管理人員選擇

管理人員應該要了解該如何控管人員進入屋頂綠化施作區域，避免對於屋頂綠化造設施成損傷或承載量過高等問題。屋頂綠化設置區域必須使用較多的人力進行管理，當發現有所損壞時可以及時要求維護人員進行維護，並且在屋頂上面要注意安全，防止人員在屋頂綠化上進行活動時，造成受傷等意外。

(三)一般人員管理

屋頂綠化設置區域必須使用較多的人力進行管理，當發現有所損壞時可以及時要求維護人員進行維護，並且在屋頂上面要注意安全，防止有人員在屋頂綠化上進行活動時，造成受傷等意外。屋頂綠化要進行推廣，除了要增加一般人員的安全概念之外，更要宣導保護屋頂綠化的保護觀念，防止一般人員在進行活動時破壞以及毀損屋頂綠化措施，增加維護成本。

三、養護費用預算

薄層式屋頂綠化雖維護簡便、費用較低，但仍需一定程度的維管，定期檢查排水口以及雜草管理成本仍需規劃預算。若未事先編列維護管理費用，即實施屋頂綠化，等同於未盡到對責任和結果給予說明的義務。

屋頂綠化對維護管理投入的成本依每項工作安排的次數而不同。為便於參考，按「最低限度要求」應考慮安排的次數，針對 200 m² 綠化面積的維護成本其估算結果如列表。但實際情形需依施作點特性、施作面積大小、使用者要求等視現

場具體情況而決定。

表 3-10、薄層屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估

	薄層式綠化
全面性檢查	4 次
排水口清掃	6 次
修剪、採摘	2 次
修草坪	2 次
施肥	—
除草	2 次
病蟲害防治	1 次
景觀設施檢查修理	—
滴灌裝置檢查	1 次
管理成本	約 200~300 元/m ²

(資料來源：最新屋頂綠化設計、施工與管理案例，及本資料整理)

第四章、 盆栽式屋頂綠化建構與管理

第一節、 規劃設計及施工要點

一、施工流程與規劃設計

(一)施工流程

(1)施工現場勘查

簡易評估後，依施工單位或使用者之需求規劃施工藍圖，經現場勘查後進行施工。其他注意重點請參閱第三章第一節。

(2)屋頂綠化施工建議

經初步評估和現場勘查後進行施工，此類型對於防水層的要求較不嚴苛，但仍需經過閉水測試。而防水層以上之施工過程可自行操作，但須注意設計和效果保持性。容器主要是單獨擺放，故需要表現出設計性，需思考擺放的意圖和安全性，以決定是組合擺放或集合區塊擺放，所以決定容器前應先明確了解用途。另外，為讓容器能夠長時間保持良好景觀，材料使用需具備不易老化、環保再生等條件。

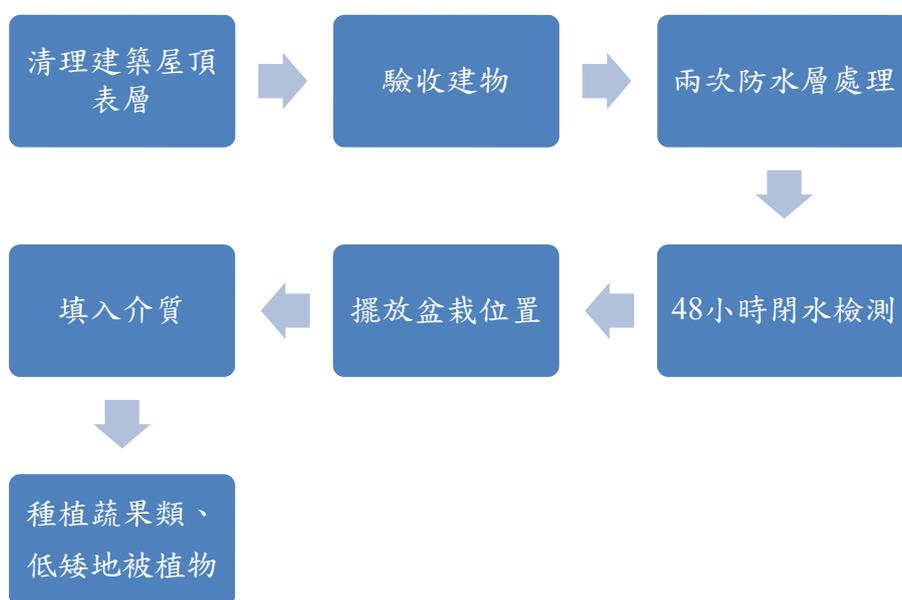


圖4-1、盆栽式屋頂綠化的施作流程

(資料來源：屋頂綠化技術手冊及本研究整理)

(二)規劃設計

盆栽式屋頂綠化的結構層較為簡單，除了舊有建物須請專業單位施工防水層

外，使用者可自行完成施工，且可依施作者要求、維護管理便利度等擺放不同的位置。主要結構包括自建築屋頂上依次為：防水層、工法層(盆栽容器)、介質層、植栽層。



圖4-2、盆栽式屋頂綠化結構設計圖

(資料來源：本研究整理)

1、防水層

- (1) 因盆栽式屋頂綠化尚未與屋頂樓板直接接觸，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，進行防水工程。
- (4) 建議無論有無進行防水施工後，皆應進行閉水檢測實驗，防水工程相關流程請參閱第三章第一節。

2、工法層(盆栽容器)

- (1) 依承載量大小考量盆栽大小及數量，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、再生的容易，但仍需考量其耐久性。
- (2) 盆栽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。

生態袋：利用不織布、麻布等材質袋子，內裝混合介質拌入種子，固定封裝後即可。

植生盆系統：由PVC或PP塑膠系統製成之盆栽，有些設計專為種植蔬菜，盆

子本身可搭建不同高度以利操作上便利及各類蔬菜生長，並可搭建為簡易溫室。

生物性容器系統：是由生物分解的樹液製成的托盤和椰子殼作為容器。

- (3) 盆栽底部下方與樓地板保持距離，應有底腳，約2~3公分，此乃隔熱空氣層，可避免積水現象，或根系由盆內排水孔流出可藉由空氣斷根。

3、蓄/排水層

- (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。
- (3) 雖無須特別施作排水層，但排水系統部分準則可依第三章第一節說明進行。

4、介質層

- (1) 採用屋頂輕質土依據技術規範符合土壤特性規定。若為屋頂農園，為使蔬菜生長良好，可加入土壤陽離子交換能力(Cation Exchange Capacity, CEC)高的保肥粗骨材如植生沸石，以減少施肥次數。
- (2) 增加有機質及長效保肥介質為主。介質層厚度建議為10-30cm，且須依照蔬菜及草花等植栽特性而改變。

5、植栽層

盆栽式屋頂綠化使用的植栽種類可分為農園蔬果類和草花等觀賞植物類。農園蔬果類常種植葉菜類、瓜果蔬菜類、果樹等作物，應避免選擇根系強健、需肥性高之種類。由於蔬果類作物需定時採收、更新植栽或播種，且需維持高土壤含水量，故需高頻度維護管理且較為繁瑣。草花等觀賞植物種類選擇與薄層式屋頂綠化植物相似，能忍受嚴苛的屋頂環境條件為佳，可降低維管頻度。

二、施工要點

盆栽式屋頂綠化施作工程雖較為簡單，但仍有部分重要設計要點與常見的缺失進行分項說明。

- (一) 注意部分植栽強健根系由盆栽排水孔竄出，破壞防水層結構。

(二)建議盆栽擺放位置避免堆積於同一角落，以免發生某區塊集中受力的情況，為此應注意受重位置和強度，採取分散重力的對應措施，確保能充分符合載重要求。

(三)載小屋頂空間亦可實行綠化的可能性，並仍存留活動的空間。

(四)防風措施

盆栽易於搬動整理及安裝，為讓部分植栽攀爬會配合搭設棚架，但須考慮颱風季節固定方式。

(五)選擇適合生長介質

屋頂農園使用介質應以保肥力和保水性高為準則，可減少施肥用量及維護管理頻度，但需注意保水力高介質，往往提高施作的載重。此外，經常性更換土壤及鬆土有利於作物之生產。

(六)選擇正確適當植栽

運用盆栽方式作屋頂綠化擺置，受環境因素影響小，且變化性高，但植物根系生長受侷限，需定時更新植栽以維持觀賞性，且種植的種類生長高度受限制，要時常修剪避免植栽倒伏，故維護管理需求大。

(七)其他施工要點同第三章第一節。

第二節、介質選用要點與種類

一、盆栽式屋頂介質特性

(一)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。

(二)介質 EC 值及養分含量之重要性：為避免水源污染應降低施肥量，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， $EC < 3.5 \text{ ms/cm}$ ， $CEC > 15 \text{ meq/100g}$ 。

(三)介質的生物活性：加入堆肥調製的介質，富含可溶性碳源，適合各益微生物增殖，利於植栽生長，且不宜再添加化學肥料。

表 4-1、盆栽式屋頂綠化介質之理化特性理想標準

指標項目	盆栽式
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 dS/m
CEC 陽離子交換能力	>15meq/100g
比重	1.1~1.3 g/cm ³

(資料來源:本研究整理)

二、盆栽式屋頂常見介質種類

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，以下則為常見之介質種類：

(一)有機介質：各介質詳細介紹請參閱第三章第二節。

1. 泥炭土
2. 椰子纖維
3. 稻殼
4. 鋸木屑或太空包木屑
5. 樹皮
6. 蔗渣
7. 其他農業廢棄物
8. 禽畜糞
9. 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。

(二)無機介質：各介質詳細介紹請參閱第三章第二節。

1. 發泡煉石

屬無機無土介質，發泡煉石是黏土經過造粒後以700°C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。

2. 植生陶石

3. 真珠石

4. 蛭石

三、盆栽式屋頂介質之選擇與調配

盆栽式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，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：

表 4-2、常用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，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，真珠石，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：本資料蒐集)

四、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10-30 cm。須注意土層厚度不足，容易造成植栽倒伏。

第三節、植栽選擇原則與種類

盆栽式屋頂綠化植物多數以草花、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。

一、盆栽式屋頂綠化植物的選用原則

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。
4. 低需肥性：種植葉菜、瓜果類等作物，施肥頻度較一般植物高，但建議種植肥份需求較低之種類，避免影響水源及建物設施。

二、盆栽式屋頂綠化常用植物種類

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式屋頂綠化植物，以下為適用植栽介紹：

(一) 蔬菜類

表4-3、蔬菜類之生長特性與適種地區

	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、萵苣、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)*		菠菜、茼蒿、苦苣(菊苣)、野苦苣(吉康菜)、恭菜(加萊菜)
根莖菜類	蔥、蘿蔔 甘藷*、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””者表示夏半季(5-10月)較盛產，其餘大多冬半季(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)

(二) 草花類：其他如香草植物、地被植物、灌木類等請參閱第三章。

表4-4、草花類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
四季秋海棠 <i>Begonia semperflorens</i>	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。屬冬季草花。	●	●	●
非洲鳳仙花 <i>Impatiens walleriana</i>	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。屬冬季草花。	●	●	●
一串紅 <i>Salvia</i>	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	●	●	●

<i>splendens</i>	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。屬夏季草花。			
矮牽牛 <i>Petunia</i> <i>hybrida</i>	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。屬夏季草花。	●	●	●
雞冠花 <i>Celosia</i> <i>argentea</i>	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。屬夏季草花。	●	●	●
粉萼鼠尾草 <i>Salvia</i> <i>farinacea</i>	喜陽光充足，通風良好的環境。高溫潮濕環境，容易滋生病蟲害。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。	●	●	●
藍星花 <i>Evolvulus</i> <i>nuttallianus</i>	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。	●	●	●
彩葉草 <i>Coleus</i> <i>hybridus</i>	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。	●	●	●

(資料來源:本研究整理)

*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、盆栽式屋頂綠化植物遭遇問題

(一)植栽種類取決於盆器高度

因盆器高度有限，影響介質厚度，不建議種植喬木，一般以種植低矮植物為主。土層厚度不足時，根系生長受阻，除降低土壤保水和保肥性外，植株也容易出現倒伏現象，另外可透過修剪改善植株過高之情形。

(二)植物根系生長受侷限

植物根系生長因受限於容器的形狀及大小，容易形成盤根現象，即根系依然環狀生長，根系生長範圍小，引起強風時易傾倒。若久未更新，植栽生長衰落，影響其觀賞性，故應盡量選擇淺根系且伸展範圍大、生長緩慢之植物種類，或定時更換植栽。

(三)植物提前育苗及馴化作業

部分植物可預先於盆栽內種植，故受天候影響小。於苗圃提前育苗，植株生

長表現較佳、覆蓋程度高，且因不需經過移植過程，根系受傷程度小。於出貨前再經馴化過程，提升其存活率。施工方面，能快速安裝節省時間，但運輸成本相對高。

(四)植物材料生產模式多樣化與經濟性

此類型的容器間接影響植栽生長、硬體設施等。如容器蓄水能力影響灌溉頻度、孔洞設計與排水能力有關、植栽種類與高度相配合等。未來盆栽設計朝向改善上述缺點，且以施工方便、綠化效果好，適合屋頂綠化苗木生長為發展方向。

(五)維護管理之重要性

盆器內土壤有限，土壤保水或肥份有限，植株易乾燥或缺肥而致生育不良。必須加強灌溉頻度和灌水量維持植株生育。維護管理過程中，須單一盆器澆水，較費工且物種愈多樣，照顧愈費心力，需要足夠人力維護管理。另外，需注意澆水的一致性，以免部分區域未灌溉。

第四節、植栽及周邊設施維護管理方法

盆栽式屋頂綠化維護管理需求大，每月至少需3-4次以上之檢查頻度，盆栽大小與數量決定承載重量、維管費用和頻度，可預先種植馴化擺設。建立完善的維管辦法是成功的關鍵因素。以下為盆栽式屋頂綠化常見維管問題：

1. 無法種植根系龐大的植物種類且常使植物根系生長受侷限。
2. 盆栽並非使用同一區塊的土壤，必須分開灌溉以及分開的排水措施為非常重要之環節。
3. 因種植的植物種類特性，水分需求高，建議具灌溉設施，必要時再配合人工澆水，可使維管上較為容易。
4. 為達到永續環境，應減少肥料和農藥的使用率。
5. 需注意作物的播種期、栽培期、採收期等，且應進行定時摘心、修剪等作業，以利於生產，且果實成熟時採收，否則可能遭鳥類啄食。

一、屋頂綠化植栽生長維護方法

(二)灌溉作業

灌溉是盆栽式屋頂綠化重要維管項目，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。

(二) 施肥作業

施肥作業是種植蔬菜果樹類必要條件，但須注意施肥用量，以免對環境造成危害。應避免使用化學肥料，可至農會購之短、長效型有機肥，土壤較不易酸化，而且除了氮、磷、鉀外，也含有鈣、鎂、鐵等各種微量元素。為達到永續環保且考慮長期使用，建議可自行自製堆肥，將廚餘經過堆肥方式變成有機肥，是完成有機物質循環及垃圾減量的最佳方法。而魚、蝦、蟹及肉類腐敗易有臭味；雞骨、豬骨、牛骨、蚌殼等不容易分解，此類廚餘均不宜作為堆肥，以免汙染環境。

(三) 修剪作業

植栽生長高度取決於盆栽大小，若無進行修剪則可能會影響灌溉系統，且植株容易倒伏，以能支撐植栽重量的土層厚度決定修剪時機。但若種植蔬果類作物，修剪作業為非植栽管理重點項目。

(四) 雜草控制

1. 雜草容易影響目標作物之生長，其中強健性種類可能隨之取代。
2. 尤其當菜苗種子發芽過程中，此時需注意雜草的存在性。
3. 定時清除雜草即可，不建議使用化學藥劑。
4. 於每次採收後，可以透過鬆土清除根系較為強健之雜草。

(五) 介質管理

菜園種植建議可在每次收成後重新翻土，並加入堆肥，以利於介質的通氣和保肥性；其他作物仍建議土壤流失或分解下陷時須補土及定期翻土，維持植栽生長。土壤施肥過量容易影響土質，應定期觀察土壤變化。

(六) 採收管理

依種植作物調整採收適期，作物成熟時需採收，否則可能遭鳥類啄食或過熟

無法食用，如葉菜類應於成熟葉時期採收，太晚採收則抽苔開花。採收後的作物不使用有害人體之物質來防腐、調製、包裝。

(七) 病蟲害防治

病蟲害對此類型種植之作物影響鉅大，往往尚未採收已發生葉片啃食，或因連日雨季遭受病害。雖應積極的防治措施，但嚴禁使用對人體有害之劇毒化學藥劑、農藥等。反之可使用防蟲網、黏蟲紙、套袋、烈日曝土、輪作、剪除病葉等物理方式來防治病蟲害。

二、屋頂綠化硬體設施管理方法

屋頂綠化澆灌系統設置、介質、植物之檢查，詳細內容請參閱第三章第四節。其他設計重點如下：

(一) 排水系統設置

1. 單盆灌溉的排水措施為非常重要之環節，若排水不良，易引起容器間水分堆積，滋生青苔，若久未清理，地面濕滑容易發生危險。
2. 注意容器內孔洞(排水孔)是否有阻塞現象，讓水分能順利流出。
3. 其他重要管理方法請參閱第三章。

(二) 容器及支架檢查

1. 定期檢查容器有無損壞，觀察有無變形，若有耗損應立即更新，以免介質流失造成排水孔阻塞。
2. 容器需定時清洗，保持乾淨，以免滋生蚊蟲。
3. 支架等相關設施應定時檢驗，減少危險性。
4. 容器、搭設的支架或隧道應加設繫綁支柱或纜索等設施固定，以確保風災安全性。

第五節、管理制度及養護費用

盆栽式屋頂綠化後續屋頂綠化維護管理與使用度較頻繁，因此建議須有完整的管理體制，包含建築物管理的檢查制度、維護管理人員制度、完善的農園管理辦法及養護費用預算之編列等。建築物管理檢查和維護管理人員制度，詳細辦法請參閱第三章第五節。

一、農園管理辦法

管委會應與居民達到共識，建立適合該施作地之管理辦法，考量以下項目內容實行屋頂農園，以維護住戶安寧。

(一)人員管理

人員管理為盆栽式屋頂綠化中最重要的一環，如何訓練管理人員，共同營造良好環境，使其充分發揮工作效率，乃是經營管理中重要的課題。

1. 成立管理團隊

由使用單位成立管理委員會，監督各項工作，並加強組成人員向心力，充分付予責任，使其具責任感與成就感，此外，管理團隊可建立工作報表及進度表等相關維管措施，將農園使用情形做記錄，供使用者或交接人員參考。由於此類型維管頻度高，建議自行組成志工隊輪班或分區定時巡邏，以減少人力成本，亦可隨時掌握作物生長情形。

2. 完善培訓計畫

園藝作物栽培所需人力，同時應含技術性，故宜有計畫的加以培訓。建議實施屋頂農園前，應先有相關人員必須歷經實際操作經驗，建議管理團隊若無經驗，因請專業課程進行培訓為佳。且為加強新知識與新技術，利用每次的檢討會時間，視實際需要不定期聘請專家學者前來授課，相關學術及試驗研究單位舉辦的講習會，也應儘量參加了解目前現況。

3. 隨時保持連繫，並定期舉行檢討會

管委會和志工團隊等每月應定期舉行一次檢討會，各單位均須參加，提出工作簡報，共同討論問題，保持向心力，總負責人員應負起督導工作，不定時前往現場視察與督導。

(二)環境場地管理

現場管理的良窳為影響經營成敗的關鍵，包括從工程的規劃設計至現場的保養管理等等。其中，規劃設計工作由專業施工團隊進行規劃，後續須調整可固定委託專人協助。環境秩序的維持對於住戶安全極為重要，應訂立農務使用時間、農地租借使用等制度，或由住戶認養方式進行。環境維護由居民組成的志工團隊加強巡視，保持環境的整潔，而遇突發狀況或颱風等天然災害，應隨時掌握並採應變措施。此外，應禁止隨意盆栽之擺放位置，以免影響行人動線，造成危險。

(三)生產管理

1. 編製工作曆

根據所擬定的生產計畫，於前一年年底前編製完成工作曆，以作為全年行事的依據，適時按進度完成工作。

2. 慎選優良種子

種子是農業生產的根本之物，種子的優劣不僅影響農場生產，更可左右綠化工程的成敗及環境的污染，故對種子的選擇不可不慎重。另外應禁植毒性植物與非法植物。

3. 維管作業之進行與紀錄

制定各項經常性任務，如種子管理、播種、澆灌、排水、介質觀察、植栽檢查、施肥及病蟲害防治等，有助於永續發展的工作，監督志工團隊執行，並定期檢討修訂以符合實際需求。種子、介質、肥料及非化學性農藥等材料取得可由管委會統一或認養居民自行購買，若由管理單位添購材料均需記錄，除了掌握數量並有效控制使用量，亦能控制成本。施肥亦屬生產作業的重要項目之一，須適時適量適法施用方可發揮最大功效，使用單位欲自行堆肥，則應了解相關知識得以進行。為避免環境的污染，維護住戶安全，肥料和農藥的使用時間和用量需確實記錄。

4. 農用設施及農機具定期維修保養

農用設施及農機具應定期維修保養，使其隨時保持最佳狀態，配合正確的操作方法，期能充分發揮效率，延長經濟使用年限。

(四) 資金管理

維護管理需要費用，包含植栽、硬體設施等，若未事先編列維護管理費用，即實施屋頂綠化，提高失敗風險，而所需的費用取決於各種不同的因素。應建立收費標準，其來源包括使用者的農地租借金、酌收維護管理費用等，以維持使用年限。由種植戶組織社團認養並託付管理，除可減少管委會因任期限制，對交接業務不熟悉需要一段適應期外，也可增加社區基金收入。經費使用情形必須清楚說明，金錢流向讓使用者了解，而財務部門的所有資料，均輸入電腦處理，既省事、省時又方便，而且可隨時印出參考。

(五) 資訊管理

社區管委會應建立完善措施，可建立管理網站或佈告欄，以提供相關資訊，包括種植流程、分享經驗等，讓居民有跡可循，遇到問題或種植失敗的話，可相

互交流討論。管委會應蒐集有關資料，提供意見、從旁協助，使住戶維持興趣。此外，舉辦不定期聯誼活動，拉近住戶彼此間距離。

二、養護費用預算

盆栽式屋頂綠化維管頻度高、需耗費人工，針對 200 m² 綠化面積年間的維護成本其估算結果如列表，但實際情形仍需視現場具體情況而決定。

表 4-5、盆栽式屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估

	盆栽式綠化
全面性檢查	6 次
排水口清掃	12 次
修剪、採摘	4 次(可調整)
施肥	4 次
除草	12 次
病蟲害防治	3 次
人員巡邏	1-2 次/週
滴灌裝置檢查	4 次
管理成本	500 元/m ²

(資料來源：最新屋頂綠化設計、施工與管理案例，及本研究整理)

第五章、庭園式屋頂綠化建構與管理

第一節、規劃設計及施工要點

一、施工流程與規劃設計

(一) 施工流程

(1) 施工現場勘查

簡易評估後，依施工單位或使用者的需求規劃施工藍圖，經現場勘查後進行施工，其中需特別注意建物的承載量、漏水疑慮、排水系統。其他注意重點請參閱第三章第一節。

(2) 屋頂綠化施工建議

此類型屋頂綠化不建議既有建物進行施作，以避免漏水疑慮，以新建物為佳。施作時考量建物是否能承載眾多設施的重量，是屋頂庭園建造之前提，同時須注意防水層的破壞，會影響建築的使用。對於需要具備一定的觀賞性和使用功能的屋頂，依據具體條件和施作單位需求，透過園林小品的合理安排，結合喬木、灌木、地被植物的整體設計，形成豐富的休憩空間，為使用者營造優美舒適的環境。對於使用頻繁的屋頂庭園，應符合生態性、實用性及安全性之原則。

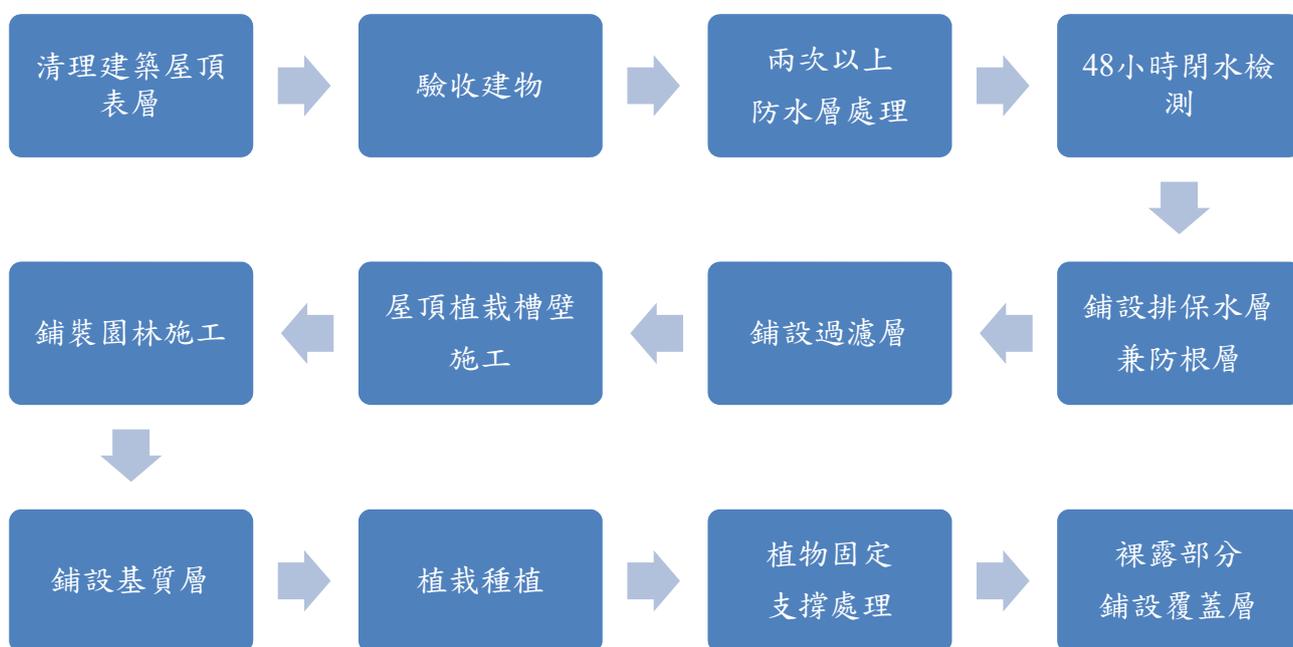


圖5-1、庭園式屋頂綠化的施作流程

(資料來源：屋頂綠化技術手冊及本研究整理)

(二) 規劃設計

建物的承載量是庭園式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 $\geq 600\text{Kg}/\text{m}^2$ ）。基本結構組成自下而上依次為：防水層、阻根層、保護層、(蓄)排水層、隔離過濾層、介質層、植栽層。根據不同實際情況可省略或相互結合。

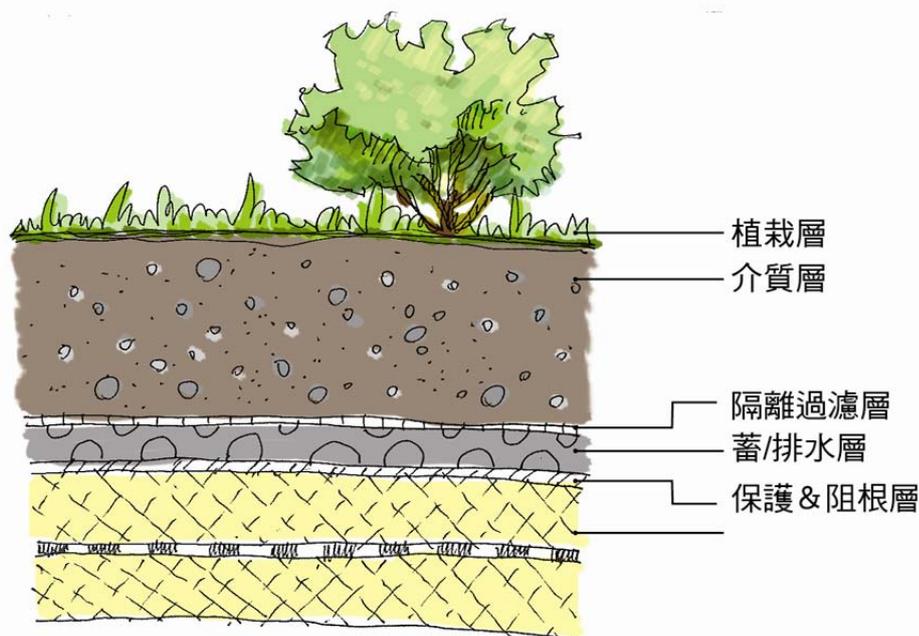


圖5-2、庭園式屋頂綠化結構設計圖

(圖片來源：本研究整理)

1、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，應具備耐根酸性、耐壓性、耐熱性等較優之延展性。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、土層高載重量等，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式屋頂綠化時，防水層應拆除重修。

- (3)應當在建築設計時預設管線、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面防水層。
- (5)屋頂有規畫建設游泳池、水池等，宜設置多層防水層，加強防水功能。
- (6)屋面防水層完工後，不得在其上鑿孔打洞或重物沖擊。
- (7)閉水檢測實驗等其他防水工程詳細流程請參閱第三章第一節。

2、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，常見有HDPE 單凸排水板(TH=2cm)接縫處利用超音波熱融處理等，但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。

3、保護層

此類型屋頂綠化較需要增加保護層的施作，理想保護層應堅固，但須注意載重問題。主要有加強防止根酸腐蝕防水層、避免蓄水層等堅固材料及維修機械所造成的損害。一般材料有塑料、塑料毛墊、水泥砂漿抹面等，若排水層材料已具備保護層之功能，可直接省略。

4、蓄/排水層

不同蓄/排水型式，用於改善介質通氣性，以便將多餘的水分順利排除，緩解瞬間降雨壓力，且可儲存水分。常見排水層材料為塑膠或聚苯乙烯排水模組、排保水板模組、傳統的礫石鋪層(需考量荷載量)等。

- (1)排水層厚度一般以栽植土層的1/3為原則，應介於5-30 cm。
- (2)庭園式綠化層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) 其它排水系統部分準則可依第三章第一節說明進行。

5、隔離過濾層

詳細內容請參照第三章第一節說明。

6、介質層

庭園式屋頂綠化特殊綠化性質，介質性狀、營養物質、保水能力、滲水能力等需達一定標準，以滿足植栽生長需求外，避免植栽處於水分逆境，影響其生長。

- (1) 介質種類通常土壤有機質含量較高，一般使用自然土壤和無土介質混合，避免選用比重過高之介質。
- (2) 介質厚度為30-60 cm或60 cm以上，依不同綠化植物和建築物承載量而略有不同。
- (3) 為達到樹木所需介質厚度，可適當進行土方造形，土方堆高處需在承重樑及柱頂位置。
- (4) 土壤理化特性需具備耐踐踏能力，避免人為活動下發生危險。
- (5) 輕量介質易經長時間分解或強風吹散，故須注意樹木固定根系之能力。

7、植栽層

- (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。
- (2) 在承載量許可範圍內，可在承重樑及柱頂位置設固定栽植槽，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，主要包括地上支撐法和地下固定法。
- (5) 由於土層限制，應選擇淺根系且伸展範圍大之種類，故應有特殊育苗方式。

8、景觀設施

- (1)景觀設施應選擇質輕、環保、安全、牢固材料，應遵循公園設計規範。
- (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)屋頂綠化設計應由建築師或臺灣屋頂綠化暨立體綠化協會進行複驗，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)原則上不建議設置水池，必要時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，佈置於承重梁柱上。
- (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。

二、施工要點

庭園式屋頂設計複雜，需考量的因素眾多，以下為設計要點與常見的缺失：

(一)建築物結構承載能力

屋頂載重是建築安全及屋頂庭園是否成功的前提要件。屋頂綠化承載應包括植栽、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。一般建築物屋頂的承重設計(活載重)大約每平方公尺僅150-200公斤，普通的土壤比重約為 1.6 g/cm^3 ，若飽和重加上植物其重量增加，因此，使用比重較輕的介質可以有效降低屋頂的結構負荷，其選用及施工好壞成為成敗關鍵。選擇植物時應考慮植物生長速度，以免影響載重的變化，另外因樑、柱結構支撐處的承載量會提高，故種植喬木的植栽因所需的土層較厚，本身材料亦較重，應儘量栽植於樑、柱支撐處，或預先在此處設置栽植槽，亦有將喬木先栽植於人工地盤下的自然地面，而將樹冠部份露出在人工地盤上之作法。另一載重來源為景觀設施，故選擇輕質、環保等材質為優先。若有任何結構上的顧慮，必須請教結構技師。

(二)良好防水及排水能力

施作屋頂綠化工程前必須確實檢修建築物構體的防水防漏性能，必要時應重新施作防水層，且應經過防漏水測試，其施工手法是將屋頂淹水 10cm，放 48 小時後沒有漏水，才能進行綠化工程，以確保建築物之耐用年限及使用性能。栽植土層中含適度的水分對植株生長有利，但過多的水分積存則會造成根系的障害，因此人工地盤綠化時必須在栽植土層下設置排水層以便將多餘的水分順利排除，一方面有利於植株生長，也避免因排水不良、積水造成超載，破壞建築結構。

(三)建築物阻根防裂能力

工程若未施作阻根層，易使植物根系長至防水層上，分泌根酸溶解防護層，尤以部分植物根系強韌(如榕樹類)生長迅速，易竄入建築物構體內，並隨生長撐大裂縫，造成建築物損壞。因此，避免選用根系強韌的樹種、鋪設阻根設施，均有助於根系破壞防範。

(四)防風措施

對於庭園式屋頂，防風是十分重要的問題，尤以臺灣地區受颱風和環流影響大。常有屋頂因無屏障，強勁風力容易讓植物有風折、風倒、跌落地面之危險，將危害公共安全。因此，控制植物的高度、選擇生長較緩慢的樹種、選用足夠支持力的介質、加設繫綁支柱或纜索等加固設施，將有助於風災安全性的確保。而屋頂上設施如遮陽傘、桌椅等，也應將移動設施固定安裝在地面上或收起。

(五)選擇正確合適生長介質

為種植高大喬木，土壤需有一定重量，最好經過建築師結構精算，另建議混用輕質的人工土壤，但也不可選擇過輕，因為容易遭受負風壓將土壤吹起，無法固定植栽。避免使用較肥沃的土壤會使樹木生長快，增加載重能力。介質厚度依承載能力和植栽種類而改變。

(六)選擇正確合適植栽

屋頂環境較為嚴苛，面積不大，深度也不足。在這樣惡劣的生存條件上種植大樹，須以更嚴格慎重的態度看待，喬木種植除須考慮承載重量外、亦須考慮土球固定支撐方式，種植地點宜選擇樑柱及注意風速。因空間有限，建議選擇生長緩慢的樹種，要選擇成長緩慢的樹種。

(七)維護管理

庭園式屋頂綠化維管較為複雜，一年約 12 次以上之檢查頻度，費用高。除

屋頂排水、防水系統、景觀設施進行定期維護外，對植栽灌溉、施肥、修剪等日常管理措施也是必要項目，且多數委託專業廠商進行維護。

第二節、介質選用要點與種類

一、庭園式屋頂介質特性

庭園式屋頂最常見的問題，是植栽所需之客移土壤重量超限而產生的龜裂、屋漏等問題，如此特殊條件，無法完全應用砂質壤土作為植物生長介質層，必須根據建物要求對土壤進行改良，滿足植物生長的需要。而大部分採用質輕的無土介質等材料取代克服此問題，但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。

表 5-1、庭園式屋頂綠化介質之理化特性理想標準

指標項目	庭園式
土壤粒徑 > 1mm	≥ 35% vol.
有機質含量	≤ 90 g/L
水滲透率	> 1.8 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	6-8.5
EC 值	< 3.5 dS/m
CEC 陽離子交換能力	> 10 meq/100g
比重	< 1.0 g/cm ³

(資料來源：修改自 FLL 標準)

二、介質種類之選擇與調配

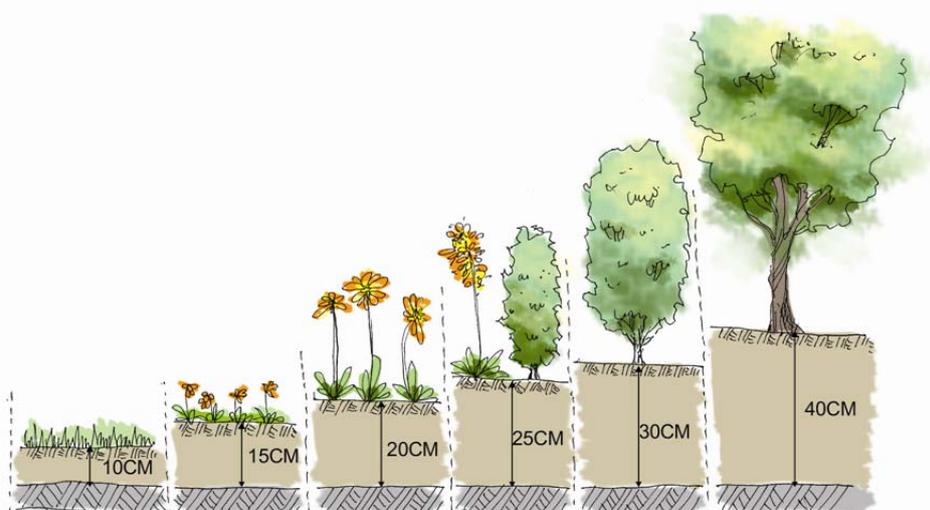
庭園式屋頂介質選配受到植物種類、介質厚度、承載量等影響，以提高有機質含量，且保持排水性良好之介質為佳。但需注意有機質含量避免過高，如泥碳土使用一段時間會分解，體積大幅減少，其他顆粒小之介質也容易阻塞排水孔，

需常常補土換更新介質。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，皆是國內生產適用的介質。其他使用之介質種類及配比請參考第三章和第四章之介質種類的介紹。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，防止過於乾早保濕、保溫、抑制雜草生長和地表土壤飛散，由以使用人工輕植較多的土壤需要設置覆蓋層。

三、介質厚度對植物生長之影響

土層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，維持其正常生育(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 60 cm 以上，若要正常生育，則至少要 90 cm 以上。土層厚度不夠時，則根系生長受阻，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)開始栽植土層厚度下亦能生育良好。

表5-2、不同植物種類之介質深度建議標準



植物種類	草坪	低矮 地被植 物	中高花 卉	灌木、 花草	大型灌 木	喬木類
植株大小(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	60
植物正常生長 土壤深度(cm)	30	30	35	45	60	90
排水層厚度 (cm)	3	5	5	10	15	<30

(資料來源：最新屋頂綠化設計、施工與管理案例及本研究整理)

第三節、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：

(一)氣候環境方面

- 1、都市的熱島效應，致使植栽常面臨高溫、(強光)和乾燥等逆境。
- 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。

(二)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、因栽植土層體積較小又常位於地面層之上，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致使蒸發散量增加，而又缺乏地下水供應，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。

(三)建築結構上之限制

- 1、承載重量的限制，使栽植土層和栽植大小受限。
- 2、排水的斜度和設施若處理不良，常易造成栽植缺水或積水。
- 3、人工地盤栽植上所澆灌的水以及栽植的根系，若未有適當的防範，容易破壞樓地板上的防水層，造成建築物滲漏等問題。

一、庭園式屋頂綠化植物的選用原則

由於屋頂綠化栽植立地環境較為惡劣，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。

而庭園式綠化栽植最重要限制因子應在土層厚度，亦即只要土層夠厚，根系可伸展良好，栽植自然就生長健壯。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不足和受風面大等困擾，栽植過程較為困難，因此最應注意選擇適用的種類。

二、庭園式屋頂綠化常用植物種類

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：

(一) 藤蔓植物類

表5-3、藤蔓植物類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
九重葛 <i>Bougainvillea spectabilis</i>	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。	●	●	●
軟枝黃蟬 <i>Allamanda cathartica</i>	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。	●	●	●
大鄧伯花 <i>Thunbergia gradiflora</i>	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。	●	●	●
蒜香藤 <i>Pseudocalymma alliaceum</i>	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。	●	●	●
爬森藤 <i>Parsonsia laevigata</i>	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。	●		
珊瑚藤 <i>Antigonon leptopus</i>	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。	●		

(資料來源:本研究整理)

(二)灌木類

表5-4、灌木類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
月橘 <i>Murraya paniculata</i>	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。	●	●	●
石斑木 <i>Rhaphiolepis indica</i>	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。	●	●	●
馬纓丹 <i>Lantana camara</i>	整株都有著短短的粗短的軟毛，小莖呈稜角狀，稱為小枝方形，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。	●	●	●
梔子花 <i>Gardenia jasminoides</i>	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。	●		
紅花玉芙蓉 <i>Leucophyllum frutescens</i>	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。	●	●	●
銀葉菊 <i>Centaurea Cineraria</i>	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。	●	●	●
變葉木 <i>Codiaeum variegatum</i>	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。	●	●	●
福建茶 <i>Carmona microphylla</i>	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。	●		
五彩千年木 <i>Dracaena marginata</i>	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。	●		

(資料來源:本研究整理)

(三) 喬木類

表5-5、喬木類之生長特性與適種地區

植栽名稱/學名	生長特性	適種地區		
		北部	中部	南部
羅漢松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	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。	●	●	●
黑松 <i>Pinus thunbergii</i>	又稱為日本黑松，原產日本及朝鮮半島，樹形優美且乾旱，抗松毛蟲能力比濕地松或琉球松強。	●	●	●
竹柏 <i>Nageia nagi</i>	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。	●	●	●
臥柏 <i>Juniperus procumbens</i>	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。	●	●	●
龍柏 <i>Juniperus chinensis</i>	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。	●	●	●
臺灣海棗 <i>Phoenix hanceana</i>	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℃。	●	●	●
福木 <i>Garcinia subelliptica</i>	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。	●	●	●
玉蘭花 <i>Magnolia denudata</i>	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。	●	●	●
洋玉蘭 <i>Magnolia grandiflora</i>	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。	●	●	●
厚皮香 <i>Ternstroemia gymnanthera</i>	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。	●	●	●
茶花 <i>Camellia japonica</i>	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。	●	●	●
緬梔 <i>Plumeria rubra</i>	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。			
--	--------------------------------------------	--	--	--

(資料來源:本研究整理)

以上建議種類並不表示其全然適合作為庭園式屋頂綠化植栽，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。

三、庭園式屋頂綠化種植注意事項

(一)植物栽植過程

- 1、植栽苗木定植屋頂前應先將根系馴化，如利用半年根控盆馴化培養或調整灌溉方式，將喬木根系由向下伸展的方式調整成往水平橫向伸展，如此可使深根系變成淺根系(但水平範圍較大)，形成扁長型土球形狀，鬚根數增加 2-3 倍，且只須較薄的土層即可栽植高大的植物。
- 2、定植時除應回填專業土壤外，養護過程應適時加入氧氣管，以增加通氣、鬚根數；或樹勢活力管，以維持樹根粗度及忍受力。
- 3、植物栽植過程中，配置的喬木或大型灌木，應在承重柱上。
- 4、移植樹木過程，應將土球包好，且事先進行修剪處理，以免消耗過多水分。運送目的地需及時種植，以提高成活率。
- 5、移植初期，須注意陽光曝曬和水分不足，故為避免強風、蒸散作用過強導致失水可適時加入造霧系統增進空氣濕度。

(二)樹木的防風措施

為考量土層受限加上常用輕量介質、強風侵襲等因素，土質固持力較弱，防風措施顯著格外重要，尤以喬木植栽應加裝固定設施。針對此，施作前應優先選擇於避風處，或以擋風設施或抗風樹種阻擋強風，以利其他植栽之生長。樹種選擇方面在強風地區儘量少用高大喬木植栽，且避免單株栽植而採群植可增強抗風力矩。個別植栽可經由加強整枝、修剪地上枝葉、增厚土層、設立支柱或固定根部，而達到抗風的目的。植物防風固定方法包括(1)地上部支撐法：需進行枝條圍束處理，避免枝條折斷老化；(2)地下部固定法：配合土球固定器，增加其牢固性。

第四節、植栽及周邊設施維護管理方法

此類屋頂綠化的景觀管理需較為精細，必須適時澆水、施肥、病蟲害防治、修剪等作業。植物需要集中且廣泛的養護，包括施工期間養護、完工初期養護及後續維護管理等，根據植物自身的需求合理調整維管作業。庭園型屋頂綠化投資與維護管理費用高，一年至少需 12 次以上之高頻度維護管理，因此需耗費較多人力，不論是一般植栽的生長狀況，或是灌溉，都必須與人力做一定的配合。另外，此類屋頂綠化最大的重點為人員進出的管制與安全，在進行建設之時，必注意建設完成之後的安全，例如女兒牆的高度，或者是步道的穩固安全等，皆為後續養護的重要關鍵點。

一、屋頂綠化植栽生長維護方法

屋頂薄層綠化成效的好壞，植栽的存活與維持景觀是重要課題。植栽的管理項目有：澆水、施肥、修剪、除草及病蟲害防治等工作。依不同的地理位置和自然環境條件具有不同的植栽管理方式，如臺灣夏季氣候炎熱需增加澆灌頻度，南部頻度又須高於北部。另外部分植栽有季節性消長的問題，會因不同季節展現出不同風貌，建議利用混植方式種植，有利於增加歧異度和複雜性，避免因為單一植物而造成植被在不同季節產生枯黃之現象，因此，當植栽生長不良時，需檢查該植栽的生長季節，又或者是蟲害之影響造成。

(三) 灌溉作業

庭園式屋頂綠化維護管理頻度高，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 天/次、冬天 2-3 天/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淺薄而改變。

(二) 施肥作業

庭園式屋頂建設初期的介質通常含有滿足第一個生長季節的肥份，但屋頂嚴苛環境造成土壤容易貧瘠，且植物後續生長需要充足的養分，因而應在栽植後一年補充施肥。合理化施肥可提供植物所需的營養，施肥的種類和用量方面，應依據植物的營養需求、介質保肥力和季節變化而調整，但以不汙染環境的種類為前提，需控制施肥量，避免植物生長過快，影響建築物載重和維管成本。建設後期

視情況可減少肥料使用或不施肥。

(三) 修剪作業

尤以庭園式屋頂大多種植喬木或灌木的樹種，除應根據園林綠地養護技術規程進行養護外，還必須嚴格控制植物高度、疏密度，保持適宜的根冠比以及水分和養分的平衡，從而保證屋頂庭園的安全性。修剪時應根據植物的生長特性，一般喬木栽植滿3年後，每年早春進行修剪；灌木栽植滿2年後，每年早春進行修剪；草坪鋪設後當年修剪1-2次，第2年開始每年春季、夏季及秋季各進行1-2次修剪，維持5-7 cm的高度。發現枯死的植物要即時更新或填補，修剪結束後要即時進行清理。此外，避免修剪過當，使無樹蔭環境，影響人為休憩空間。

(四) 介質管理

植栽生長之土壤對於植栽來說是一切的根本，一般來說植物分成三種需要土壤養分不同之種類，酸性土、中性土以及鈣質土，要是沒有相同的配對會造成植物取得之營養不足，例如喜好酸性土之樹種，要是種在偏鹼性之土壤裡會造成黃葉病，意即植物缺少鐵分之表現。另外也要考慮到植物耐鹽性之影響，因為一些比較不耐鹽分之植物在土壤鹽分超過 0.6%之土壤裡，會引起反滲透作用，造成植物生理缺水之狀況，因此對於土壤內含之鹽分也要注意。

在屋頂綠化過程中，屋頂綠化植物種類選擇應與使用之介質特性互相配合，另不同季節亦應針對溫度、水分、光度的變化進行調整。高溫時，不耐乾旱之植物種類應使用混入較保水物質的介質種植；但雨季時又必須提高通氣性以避免植株泡爛。若介質調配得宜，將可有效且長時間地維持與發揮屋頂綠化功能。

庭園式屋頂大多種植高大樹木，介質若有流失情形，將影響屋頂使用之安全性，故需定期加強檢查。此外，澆水過多加上土層厚重，易造成載重增加及積水現象，故需定期檢查排水通暢性和介質鋪面均一化。

(五) 病蟲害防治

病蟲害直接危害植栽健康程度，應在選擇綠化植物時以抗病蟲害能力強的品種為優先，同時亦注意選擇使用無病蟲害的植株進行綠化，或增加植栽多樣性，使病蟲害無專一性。當發現病蟲危害時，盡量採用對環境無污染或污染較小的防治措施。此外，植物營養不良或水肥管理不當時也容易招致病蟲危害，因此，屋頂綠化的維護管理時要注意使用正確的澆水和施肥方。屋頂綠化維護管理中的病蟲害防治方法主要包括化學防治、生物防治及物理防治三種，在養護管理中應根

據情況選擇適宜的方法。若需施藥，應避開人潮多的時機，且噴藥後增加通風量，使味道迅速散開，以避免汙染。

二、屋頂綠化硬體設施及建物管理方法

屋頂綠化排水系統設置、介質、植物之檢查，詳細內容請參閱第三章第四節。其他設計重點如下：

(一)澆灌系統設置

對高頻度維管之屋頂庭園而言，定時的澆灌系統設置是非常重要的部份，如果利用人工澆灌，會產生不少的人工成本，而且如果利用人工進行澆灌，會造成水量無法控制多寡，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，必要時配合人工澆水。另外須注意灌溉噴頭或滴頭的阻塞，應定時清理。灌溉方式可分為三類，(1)底部給水：省水，符合植物上乾下濕的特性，但深度過深，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。(2)滴灌給水：省水，根生長層可充分給水，但易造成阻塞及澆水不平均。(3)噴灌給水：安裝經濟但用水量，風大易造成澆水不平均、土壤表面無法通氣，根系易腐爛。

(二)防風措施之檢查

由於屋頂風力強大，植物防風的問題與安全緊密地聯結，特別是高樓層的建築影響甚大。而防風問題透過上述設計與施工解決，然這些措施在後期的植物養護中需定期檢查，以保證屋頂庭園的使用安全。

(三)其他輔助設施管理

屋頂綠化除上述硬體設施外，其他景觀元素也需要定期維護，以保持良好的外貌和安全性，如欄杆、水池、涼亭、石桌、長椅等，為了延長這些設施的壽命，並確保它們的美觀和安全，對這些設施進行維護是相當重要的。

第五節、管理制度及養護費用

庭園式屋頂綠化以休憩空間、美化景觀為目的，後續屋頂綠化維護管理相當重要，加上設計較為複雜，故一般管理方式多以委託專業廠商進行管理。但仍建議使用單位應有完整的管理體制，並將需求提供給廠商，使符合預期效果，另外設有負責人員清楚了解屋頂現況和定時巡邏，以確保屋頂安全問題。建築物管理

檢查和維護管理人員制度，詳細辦法請參閱第三章第五節。養護頻度及費用預算如下表：

表 5-6、庭園屋頂綠化管理作業年間次數及成本概估

	庭園式綠化
全面性檢查	12 次
排水口清掃	12 次
修剪、採摘	2 次
修草坪	3 次
施肥	2 次
除草	2 次以上
病蟲害防治	按實際發生
景觀設施檢查修理	4 次
人員巡邏	1-2 次/月
滴灌裝置檢查	12 次
管理成本	1500 元/m ²

(資料來源：最新屋頂綠化設計、施工與管理案例，及本研究整理)

第六章、屋頂綠化相關知識及注意事項

第一節、屋頂綠化節水澆灌

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。以下分項說明。

一、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。



圖6-2、漫灌系統

(資料來源：本研究整理)

二、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，將塑料管卷到一個捲筒上，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。



圖6-2、噴灌系統

(資料來源：本研究整理)

三、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。

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。



圖6-3、滴灌系統

(資料來源：本研究整理)

四、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。



圖6-5、雨量偵測器

(資料來源：本研究整理)

第二節、屋頂綠化澆灌水源

屋頂綠化需要許多水源做為澆灌用水，但現今屋頂綠化大多使用自來水做為澆灌水源。可使用雨水或中水進行澆灌，然而中水水質不穩定且需水質處理設備，因此，臺灣為多雨國家，可善收集再利用雨水做為屋頂綠化之澆灌用水，能節省自來水水源。雨水回收再利用在臺灣行之有年，以往雨水標的以沖廁為主，如下表所示。屋頂綠化結合雨水容量計算，利用屋頂綠化入流量及需求量，建立雨水貯集容量設計之方法。

表6-1、雨水貯集系統比較

	系統入流	系統供給
傳統雨水貯集 容量設計	僅受屋頂結構表面影響	沖廁 (依使用人數為固定值)
屋頂綠化結合雨水 貯集容量設計	受屋頂綠化植栽、介質 等影響	澆灌 (隨季節及每日氣象改變)

(資料來源：本研究整理)

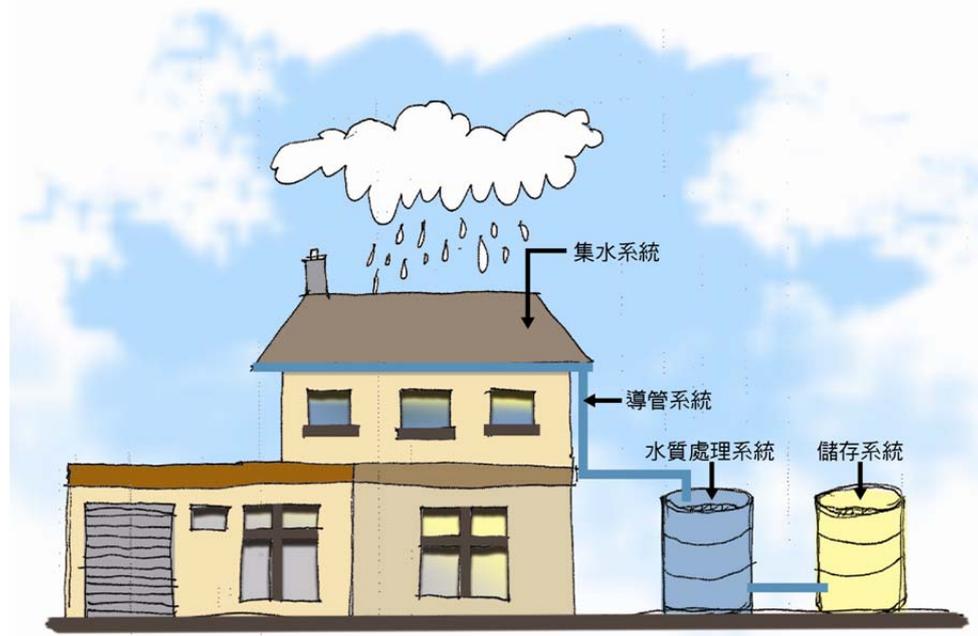


圖6-6、屋頂綠化雨水系統組成示意圖

(資料來源：本研究整理)

一、雨水貯集利用技術

雨水貯集廣義定義為：雨水利用泛指降水、大氣與雨水資源再次利用之水源。水資源主要賦存型式之地表水與地下水皆由雨水轉化而至，故水資源開發項目亦是雨水開發之項目，如興建水庫、灌溉系統與埤塘等開發水資源項目。

雨水貯集狹義定義為：雨水利用泛指雨水直接利用之活動，如利用集水面收集雨水、農業生產及城市清潔等。水資源循環再生過程之雨水，以天然或是人

工方式截取貯存，並精簡易淨化處理後加以利用。

雨水貯集利用具有新興水源、調配用水與滯洪防澇等多重功能。可用於農業灌溉，作為工業及民生用水之替代水源、建築物(如澆灌、沖廁等)或都市防洪等。

1. 雨水貯集之效益

雨水貯集系統根據當地氣候環境、降雨量、其他供水水源與經濟開發程度等，而有所不同。雨水貯集利用之優缺點如下圖所示。



圖 6-2、雨水貯集利用優缺點

(資料來源:本研究整理)

雨水貯集其他優點如：因地制宜、私有性高、降低洪峰量、提供節水教育、設備維護容易、維護費用低廉、對環境衝擊小、減少旱災損失、減少地表逕流、增加地下水補注、施工工方法容易、提高水資源利用率、降低地下水抽取量、提供災備用水補給、促進水土資源永續利用、減少海水入侵之機率、若水源乾淨水質亦良好、設施可視需求彈性擴張、供需水點近，方便取用、減少地下水系統處理量、提供人、農業灌溉、牲畜用水及提升水資源保育。

2. 雨水貯集系統設施

屋頂雨水貯集系統包含四個主要組成部分：

(一) 集水系統

隨著不同雨水貯留型態而異，主要是以屋頂或地面為集水區域。

(二) 貯存系統

即儲存雨水的容器，其容量大小、材質與設置方式都關係到雨水貯留系統之成敗。

(三) 導管系統

導管系統是指屋頂排水管與雨水貯集系統之接水管線。

(四) 水質處理系統

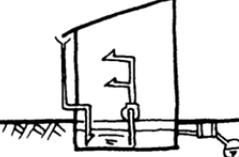
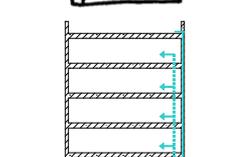
降雨水質可經過初期雨水設施及簡易過濾，提高雨水貯集品質。

3. 貯水槽的設置位置

雨水貯水槽可以放在屋頂（包括陽臺）、地面或地下。獨棟住戶通常可在屋頂或地面安裝移動式雨水貯水槽。有時也可以把房屋的鋼筋混凝土筏式基礎作成一個可以儲存雨水的地方，或在門廊、一樓臺階、車庫的地下埋設雨水貯水槽。有些小型的雨水貯水槽也可以放在樓梯下閒置的空間裡。

通常，較大的雨水儲存槽多放置在地下或樓房最底層。而置於地下的雨水貯水槽通常無法靠重力溢流方式排除多餘的雨水，需要藉助抽水馬達抽水排除，如下表所示。

表6-2、貯水槽的設置位置之分類

按設置位置分類	模式	適用建築物	備註
屋頂設置型		住宅 小規模辦公廳	1. 節省能源給水而需動力 2. 維護管理容易 3. 須將荷種加以計算
地面裝置		住宅 辦公廳	1. 維護管理容易節省能源 2. 給水時需要動力
地下式 (溢流水自流入地下)		住宅 學校 辦公廳	1. 適用於建築物 2. 基礎、地中樑可利用
地下式 (溢流水用抽水馬達送入下水道)		大型建築物 地下雨水庫	位於地下的雨水貯水槽要有限制，一定以上雨水進入的安全裝置。
地下式 (筏基)		住宅 學校 辦公廳	利用建築物筏基空間貯集雨水，再經由水泵送至各用戶之可替代用水管路。

(資料來源:本研究整理)

4. 雨水供水方式

貯水槽及淨水系統設備的地點、兩排水管的位置及雨水配水管與貯水槽的關連性等問題，都需要事先規劃。因此在系統初期規劃中，就必須做整體的考量。建築雨水在供水計畫中，著重在雨水貯水槽的位置與替代用水條件之關連性，不同的設置方式會有不同的供水方式。其大致上可分為重力及機械給水兩大類。

下表說明不同雨水供水方式，會因建築物的限制而有所不同，因此實際操作及選擇上必須因地制宜。

表 6-2 貯集系統供水方式

方式	概要	系統說明
重力供水	當貯水槽位置設置於使用端的上方時，在供水上可以利用重力式供水減少能量上的損耗。且系統設備的運作上亦不會受到停電或機械設備異常的影響。	收集屋頂雨水，將其導入設備層內雨水貯水槽，經由簡單過濾與沉澱後，再以重力式供水分送至各用戶之可替代用水管路。
機械供水	貯水槽的設置若位於使用端的下方時，則需採用機械式供水。使用揚水泵浦經由揚水管將雨水輸送至使用端，設計上須考量揚水泵浦的設置位置及後續的維護管理，設備選擇上則須計算輸送能力及能量消耗等相關問題。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 收集屋頂雨水，將其導入地面上之雨水貯水槽，再以水泵送至各用戶之可替代用水管路。 2. 屋頂雨水經由暗管流入筏基，利用建築物筏基空間貯集雨水，再經由水泵送至各用戶之可替代用水管路。

(資料來源:本研究整理)

二、雨水貯集系統容量設計

綠建築所用雨水貯集利用技術在過去往往是將雨水使用在沖廁方面，然而雨水貯集利用系統也可應用在屋頂綠化澆灌方面。屋頂綠化結合雨水再利用系統規劃流程如下圖所示。

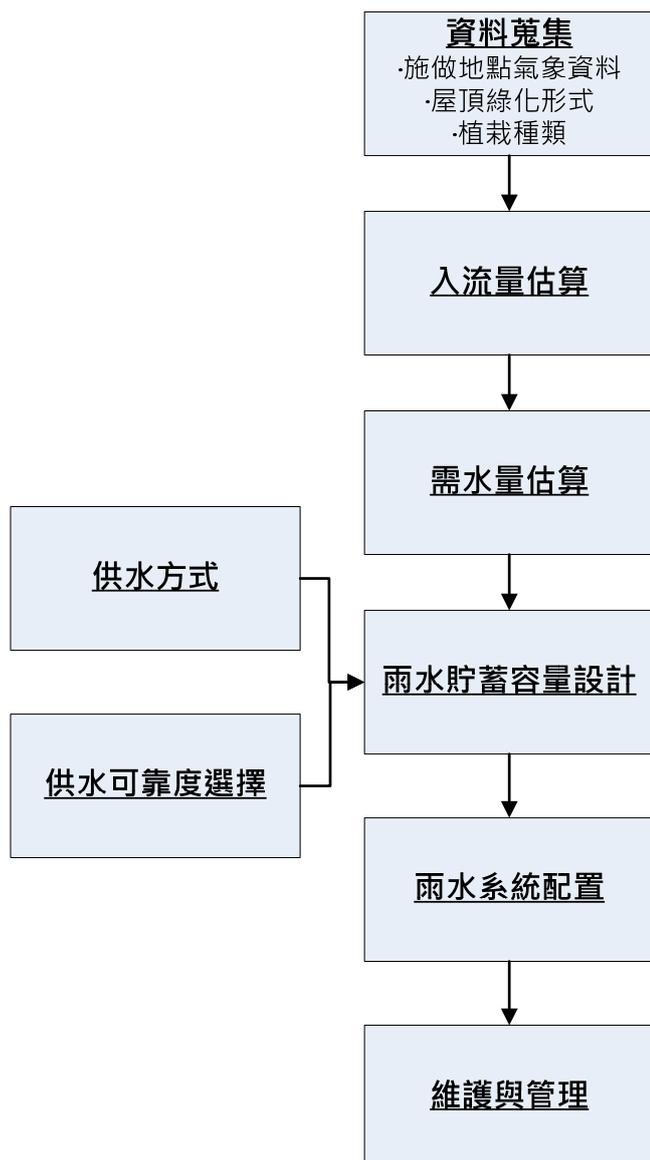


圖 6-3、屋頂綠化結合雨水再利用系統規劃流程

(資料來源:本研究整理)

若欲利用雨水貯集於屋頂綠化之澆灌，需了解屋頂綠化入流量及需水量。雨水貯集系統容量之設計取決於其入流量及需水量，一般設計基本方法如下：

1. 入流量

入流量可採下列公式進行計算

$$Q = CIA(\text{式1})$$

式中 Q 為日流量(立方公尺/日)； C 為逕流係數； I 為日降雨量(公厘/日)； A 為集水面積(平方公尺)。其中逕流係數可參考下表：

表6-2、逕流係數

鋪面種類	重現期距(年)						
	2	5	10	25	50	100	500
混凝土/屋頂	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
草地(草坪, 公園, 等)							
草地覆蓋率小於 50%							
坡度 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
坡度 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
坡度 >7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
草地覆蓋率介於 50% - 75%							
坡度 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
坡度 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
坡度 >7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
草地覆蓋率大於 75%							
坡度 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
坡度 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
坡度 >7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58

(資料來源:本研究整理)

2. 需水量

屋頂綠化雨水貯集系統供給量，其供給量為屋頂綠化澆灌所需，亦可視為屋頂綠化蒸發散損失之水。可利用下式進行估算：

$$ET_C = K \times ET_0 \quad (\text{式2})$$

$$K = k_s \times k_d \times k_{mc} \quad (\text{式3})$$

式中 ET_0 為氣象因子推估蒸發散值，可由水文學彭門公式(Penman-Monteith)計算得出； ET_C 為試驗量測蒸發散值； K 為修正值； k_s 為物種因子，可依各物種需水量改變，需水量越高其因子數值越大； k_d 為密度因子，可依植栽生長密度改變，生長密度越高其因子數值越大； k_{mc} 為微氣候因子，可依屋頂綠化微氣候進行改變，如：易受高樓風影響之屋頂綠化其微氣候因子數值較大。下表提供相關因子數值查詢。

表 6-3、蒸發散估算參數表

植栽類型	物種因子 Species Factor(Ks)			密度因子 Density Factor(Kd)			微氣候因子 Microclimate Factor(Kmc)		
	低	平均	高	低	平均	高	低	平均	高
樹木(Tree)	0.2	0.5	0.9	0.5	1.0	1.3	0.5	1.0	1.4
灌木(Shrubs)	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.3
土地 (Groundcover)	0.2	0.5	0.7	0.5	1.0	1.1	0.5	1.0	1.2
混合(Mixed trees, Shrubs, Gr oundcover)	0.2	0.5	0.9	0.6	1.1	1.3	0.5	1.0	1.4
草坪(Turf grass)	0.6	0.7	0.8	0.6	1.0	1.0	0.8	1.0	1.2

(資料來源：美國綠建築協會 USGBC)

3. 容量估算方法

經上述得出屋頂綠化入流量及需水量後，依照水文連續方程式可進行簡易計算，推估水槽容量大小：

$$S_{t+1} = S_t + Q_t - ET_c,$$

$$0 \leq S_t, S_{t+1} \leq S_{design} \quad (式4)$$

式中 S_{t+1} 為第t+1時刻之貯蓄量； S_t 為第t時刻之貯蓄量； Q 為t時刻入流量； ET_c 為t時刻需水量； S_{design} 為設計容量。設定一設計容量後，根據歷史氣象資料演算過後，可知供水成功天數及自來水替代水率，並根據需求對設計容量進行調整，重新計算至欲達到供水成功天數及自來水替代水率。

4. 澆灌損失

由於，澆灌損失亦影響雨水貯集系統容量設計，故考慮有無澆灌損失進行雨水容量設計評估。設計噴灌損失方法有接推算法及綜合灌水定額法，由於直接推算法較符合本試驗設計，故使用直接推算法，進行澆灌損失評估。對於植物澆灌用水量公式如下所示：

$$W_j = \frac{mA}{\eta} \quad (式5)$$

$$W_m = \frac{W_j}{\eta_c} = \frac{mA}{\eta\eta_c} \quad (\text{式6})$$

式中 W_j : 淨噴灌用水量，需水噴頭供水量(m^3)； W_m : 毛噴灌用水量，水源供水量(m^3)； m : 澆灌定量(m^3 /畝)； A : 該植物澆灌面積(畝)； η : 噴灑水利用係數，0.7~0.9

η_c : 管(渠)系水利用係數，管道系統為0.9~1.0。上述公式中，可推算出澆灌損失量。

第三節、屋頂綠化管理檢查制度

屋頂綠化設施於使用後必然會受到一定程度的損傷，而導致安全性和適用性等有所下降，應該定期進行檢查，從而保證其安全、延長其耐久性。

- (一)出入口的管理與限制。
- (二)介質與植栽應定期檢查維護及更新。
- (三)綠化設施及其他屋頂硬體設施的檢查、修復。
- (四)防水層及排水系統的檢查，屋頂的全面清掃，屋頂排水口的檢查及清掃，定期對接縫材、排水口做檢查、清掃等。
- (五)注意建築物使用年限，當房屋年齡過長時，應隨時注意屋頂龜裂、牆面剝落或者女兒牆破損，避免造成屋頂本體的損毀。在屋頂綠化內之建材也算是建築物的一部份，應該要定期進行檢視，避免屋頂綠化之建材因為不可預期之傷害或者是年久失修，失去其原本功能。

第四節、既有屋頂綠化之成效評估方法

由於國內並無既有綠屋頂成效評估的明確辦法與資料可參考，故本研究針對既有綠屋頂調查項目與民眾反應之重點進行評估項目設定，同時配合文獻中專家學者認為綠屋頂應注意之硬體、植栽、工法、維管便利度與成本，與綠屋頂具有的環境、生態、教育等多項效益進行多方向考慮，設計此既有綠屋頂之成效評估表，以提供施作單位進行檢驗時之參考。

表 6-4、既有屋頂綠化之成效評估項目表(調整下方配分欄之寬度)

	評估項目	配分	附註(可依實際狀況調整細項分數等級)	得分
優先 評估 項目 70%	1 樓板或屋面漏水或積水狀況	10%	屋面積水、出現裂縫、漏水、出現壁癌等，有一項即扣 2 分，扣至 0 分為止。	
	2 工法、硬體設備完整狀態	5%	工法與設備完好：5 分 工法或設備出現缺失但仍有功能：3 分 工法或設備崩壞：1 分。	
	3 介質狀態 (含水量、酸鹼值、肥力)	5%	介質水分小於 25%或大於 60%； pH 值低於 5.5 或高於 7.5； 土壤 EC 值低於 0.2 dS/m。 無上述狀況：5 分；有一項描述者：4 分 有二項描述者：3 分；三項全有：1 分。	
	4 植栽狀態	12%	植栽生長、開花良好、無枯亡：10-12 分 植栽生長尚可，但不開花或少數枯黃：7-9 植栽生長不良或一半以上枯黃：4-6 分 植栽枯死或雜草入侵：1-3 分。	
	5 維管計畫與便利度 (澆灌、修剪、施肥、換植頻度)	20%	(1). 維管計畫(14%)-- 有良好維管計畫且徹底執行：11-14 分 有維管計畫且執行效果尚可：7-10 分 無維管計畫但不定期維管：4-6 分 無維管計畫或維管效果差：1-3 分。 (2). 維管便利度(6%)-- 低維管(少於或等於一週 1 次)：5-6 分 中維管(一週 2-4 次)：3-4 分； 高維管(每天管理)：1-2 分。	
	6 後續維管成本、花費 (單位面積之澆灌電與水費、施肥噴藥、換植等花費)	10%	少於 200 元/月：7-10 分； 500 元/月分數中等：4-6 分； 1000 元/月分數低：1-3 分。	
	7 屋頂綠化使用頻度、認同狀態	8%	(1). 使用頻度與認同感 (5%)-- 兩者皆高：5 分；使用頻度或認同感其一高：3 分；兩者皆低：1 分。 (2). 人員安全性維持程度(3%)-- 安全：3 分；中等：2 分；有危險：1 分。	
附加 成效 評估	8 低碳設施或操作之節能程度 (太陽能板、風力發電、雨水回收系統、自製堆肥、廢物利用等)	10%	低碳設施或操作成效良好：7-10 分 低碳設施或操作成效尚可：4-6 分 低碳設施或操作成效不佳：1-3 分	

項目 30%	9	環境效益 (降溫、減少逕流、固碳量)	8%	降溫、減少逕流或減碳效果良好：6-8分 降溫、減少逕流或減碳效果尚可：3-5分 降溫、減少逕流或減碳效果不良：1-2分	
	1	生態效益 (營造良好生物棲地、增加生物多樣性)	5%	生態效果良好：5分； 生態效果尚可：3分 生態效果不佳：1分；無效果：0分	
	1	教育與互動效益 (解說牌、教學活動、社區活動)	3%	教學效果良好或大幅增加互動：3分 教學或互動效果尚可：2分 教學或互動效果差：1分 無教學或互動效益：0分	
	1	生產或經濟效益 (菜園生產或營收)	2%	菜園產量、品質或營收良好：2分 菜園產量、品質尚可：1分 無菜園生產：0分	
	1	帶動該地區營造或競賽 (社區或校園營造、公司行號或公家機關特色建立)	2%	營造效果良好、特色明顯競賽成功：2分 營造效果或競賽尚可：1分 無任何營造或特色建立：0分。	
		總配分	100%		總評分

90分以上	代表成效卓越，表現特優
80-90分	成效顯著，表現良好
70-80分	具有成效，表現普通
60-70分	略有成效，表現稍差
60分以下	不具成效，表現不佳

(資料來源：本研究整理)

第五節、屋頂綠化Q&A

Q 1. 屋頂綠化的主要功能為何？

就屋頂綠化功能而言，具有減緩熱島效應、降溫、減低建築物耗能、紓解屋面雨水逕流量、創造生物棲地，提供景觀美化、園藝生產、運動休憩等諸多功能。最重要地，屋頂綠化能有效利用立體空間，創造生態環境，緩解了都市發展與生態建設用地的矛盾，同時亦是有效增加都市環境綠覆率的綠化手法。

Q 2. 屋頂綠化各類型所需環境、條件與限制？

1. 庭園式屋頂綠化(Intensive green roof)

- ①施作前必須考量建築物承載量：因植栽多樣化，覆土層厚度超過 30cm 以上，對於既有屋頂而言亦發生載重問題，此類型多數適用於新建建築。
- ②設計施作較耗時費力，資材搬運不易。
- ③萬一結構有滲水等問題時，處理較困難。
- ④需高維護管理，建置前須考量後續維護管理之費用與制度，維護管理需要較高技術及經費(因種植喬木、灌木…等維管不易之植栽)。

2. 盆栽式屋頂綠化(Container -type green roof)

- ①此類型較適用於自家住宅、有志工維管、屋頂農園等地方。
- ②植物生長於盆器內其根系易受侷限。
- ③需定時換盆以促進植物生長。
- ④盆器高度有限，不易種植較大樹木，一般以種植灌木和地被為主。
- ⑤須單一盆器澆水，較費工且物種愈多樣，照顧愈費心力，需要足夠人力維護管理。

3. 薄層式屋頂綠化(extensive green roof)

- ①多施作於既有建築，以校園、公家機關等需低維管區域為佳。
- ②因考量承載量的問題，故選用輕質介質且厚度淺薄，但保水力較低，建議覆土仍至少 10 cm 以上為佳。
- ③因土層較薄，故植栽多低矮且植物種類較單純，無法提供多層次與豐富棲息空間，較適合耐旱性的植物。
- ④美觀效果不足且休憩空間小，主要以永續生態為目的。

Q 3. 屋頂綠化施作應注意的事項？

1. 建築物防水防漏性能

施作屋頂綠化工程前必須確實檢修建築物構體的防水防漏性能，必要時應重新施作防水層，且應經過防漏水測試，其施工手法是將屋頂淹水 10cm，放 48 小時後沒有漏水，才能進行綠化工程，以確保建築物之耐用年限及使用性能。

2. 屋頂良好之排水能力

屋頂綠化設置應有最少 2% 的斜度以利排水，全面施作時應留有排水通道。在防水層上鋪設阻根毯加排水板或封閉型排水板以利排水。如考量灌溉成本，可以採用有蓄水功能的排水板。此外，以往施工為怕漏水在防水層上鋪設一層塑膠布，但據業者經驗，反而造成排水不良、造成積水問題。另一個主要問題，因綠化設施可能改變屋頂既有之排水路徑或阻塞排水孔，造成雨水宣洩不及，使屋頂積水。因此，完善且可靠的排水設計、定時疏通排水路徑、多設排水孔及設置高帽落水頭等，均有助於屋頂積水之防範。

3. 建築物結構承載能力

一般建築物屋頂的承重設計(活載重)大約每平方公尺只有 150-200 公斤，普通的土壤比重約為 1.3，加入植物與澆水後就更重了，因此，使用比重較輕的介質可以有效降低屋頂的結構負荷，其選用及施工好壞成為成敗關鍵。

4. 建築物阻根防裂能力

部分植物根系強韌(如榕樹類)生長迅速，易竄入建築物構體內，並隨生長撐大裂縫，造成建築物損壞。因此，避免選用根系強韌的樹種、鋪設阻根設施，均有助於根系破壞防範。

5. 風災防範

屋頂因無屏障，強勁風力(如颱風等)容易讓植物有風折、風倒、跌落地面之危險，將危害公共安全。因此，控制植物的高度、選擇生長較緩慢的樹種、選用足夠支持力的介質、加設繫綁支柱或纜索等設施，將有助於風災安全性的確保。

6. 低維護管理成本

維護管理是必要且持續性進行的工作，發生在澆水、施肥、修剪、除草、補植、病蟲害防治……等。屋頂綠化規劃設計前即須充分考量後續維護管理費用及工作量。雨水回收系統、自動澆灌系統、植物生長的維護等，需持之以恆可降低

屋頂綠化失敗之風險。如何降低維護管理的頻度及成本，亦能符合生態永續的目的。

Q 4. 屋頂綠化是否可自行施工？還是需要專業廠商？如何找尋專業廠商？

屋頂綠化施作的成敗影響建築物本體，目前國內尚未有統一的施工規範，衍生許多問題。建議欲施作前可先請專業廠商評估，再依其意見選擇適當的廠商，確保無任何疑慮。施作單位亦可先行蒐集相關成功或有問題之案例，供相關單位參考。選擇盆栽式屋頂綠化，可自行施作，但前提為建築物無漏水問題。

國內目前已成立臺灣屋頂綠化暨綠牆協會，可參考附錄部分專業廠商資料，或前往協會網站查詢相關問題及資訊。

Q 5. 屋頂綠化的施工流程為何？如何降低失敗率？

1. 評估施作可行性

施作屋頂綠化前，必須先考量該建物是否符合標準，如防水層檢查、建築物標準載重也必須有固定標準乘載重量等相關項目。

2. 適合之屋頂綠化型式

經初步確認後，施作單位必須審慎評估建物條件、施作及後續維管經費、設置目的等因素，決定適合且理想之屋頂綠化型式。施工單位再依照使用者之需求規劃施工藍圖，經現場勘查後進行施工。

3. 專業施工流程

施作屋頂綠化人員必須要受過專業訓練，因為屋頂綠化屬於人工地盤，不只是一要注意屋頂綠化本身的強度，也要注意屋頂本身之強度以及房屋年齡等問題，因此專業之施作人員對於屋頂綠化之成功相當重要。

4. 維管之重要性

屋頂綠化之維護管理是維持屋頂綠化壽命的重要關鍵因素，為確保屋頂綠化能長期運作使用及發揮效益，故提供相應維護管理措施極為重要。維管事項包括植栽、硬體設施及建築物維護，應建立良好之維管制度。

Q 6. 如何維持屋頂綠化植物之生長？

維持屋頂綠化植物生長，需先選擇適合植物種類、優良之苗木品質及良好的

維護管理，上述條件式植栽的存活與維持景觀之重要課題。

1. 選擇適當之植物種類

應先瞭解所使用的植物種類特性，如部分植物受季節性影響，開花後衰弱、低溫休眠等特性，或原產地氣候環境與臺灣不符，適應力較差，有利用增加植株存活率。並依其當地氣候環境而選擇適當的植物種類，如多雨地區應選擇耐濕植物、乾旱區域則為耐旱植物。此外，避免選用根系強健、生長高度過高等種類，應朝向可低維管之種類選擇。

2. 優良之屋頂苗木品質

一般業者為加速生產，使用遮蔭與肥培管理的方式栽培，致使植物移植至屋頂環境因為環境差異過大，造成生長不良甚至枯死。若建置初期苗的品質不佳，植物又須抵抗嚴苛的氣候環境，則易影響植物後期的生長。

3. 良好之維護管理

屋頂綠化建置完成後，若有完整的後續維管計畫，可使植物維持良好的景觀效果，延長屋頂的使用壽命。植栽的管理項目有：澆水、施肥、修剪、除草及病蟲害防治等工作，依不同地理位置、自然環境條件和植物種類具有不同管理方式。

Q 7. 屋頂綠化介質土壤使用上出現哪些問題？

屋頂綠化的介質選用常發生問題為：

1. 介質載重問題

因建築物承載量問題，介質選用無法全部使用自然土壤，否則會破壞建物結構，必須與無土介質混配，降低重量。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。

2. 介質流失問題

目前常使用的有機介質因長時間分解，且隨著頻繁的大風和降雨之後，會造成流失、土層下陷的情況。當介質流失過多之時，植栽生長無法獲得足夠的營養、無法固定，使植栽枯萎。建議介質可添加砂質壤土或適時的補充新土，以減少此現象發生。

3. 介質硬化及鋪面不均

長期栽植植物，有時會出現土質硬化或根糾結的情況，影響植物的正常生長，

對此要及時減去老根，換上新土。另此外，暴雨過後或噴灌之水壓等，易造成介質鋪面不均勻，低窪處容易積水，使介質間水分無法流通，植栽生長受影響，建議可定時進行土面平整作業或定時更換噴頭位置，以改善此問題。

Q 8. 屋頂綠化維護管理分為哪些階段？

維護管理大致可分為三個階段進行，即建置時期、完工初期及後續維護管理，養護單位應留意各階段之維管要點，有助於屋頂綠化的使用年限。

1. 建置時期之維護管理

屋頂綠化是附加建物，避免原建築遭受破壞，綠化防水層需進行檢查，若淹水須立即處理，避免延遲施工時間及進度。建築物標準載重皆有固定標準乘載重量，進行綠化工程時，施工材料需進行重量檢測，確保施工材料之誤差皆在標準範圍內，總重量需特別注意各項誤差。

2. 完工初期之維護管理

屋頂綠化完工後 6-12 個月為關鍵時期，影響屋頂綠化的成功與否，雖與選擇適當植物、氣候條件和介質緊密相關，但絕大多數成功案例中，初期良好的維護管理是關鍵因素。為維持植物自然且穩定生長，植栽於定植後 1 年內應增加維管頻度，使逐漸適應屋頂嚴苛的環境，如乾旱季節裡需提供充足的水分，或植物出現衰敗現象，應即時予以補植，同時還應該即時的根除雜草和其他多餘的植物，另外，應對屋頂設施進行全年的全面養護，而這些維管作業直接影響了屋頂綠化長期與成功。

3. 屋頂綠化後續維護管理

屋頂綠化建成後的維護管理，除了對構成綠化主體景觀的各種喬木、灌木、花卉、地被和草坪等植物的養護管理外，亦包括屋頂上其他設施之管理，如園路、水電設施和屋頂防水、排水及修理損壞的結構等。當屋頂植被的覆蓋率達到一定的標準，就應當著手系統的生長維護措施，最為棘手的是如何使良好的屋頂現狀在一至兩年的時間內得以保持。因此，對整個屋頂空間及其周邊和建築體上的雜草及其他多餘植物應即時根除。對於草坪和草本植物生長環境內的有機物應當每年清除一次，以確保植物正常生長，屋頂綠化對全年維護和保養的要求相對更高，如庭園型屋頂綠化每年至少 12 次之維護檢查，薄層型屋頂綠化則為每年 1 次等，若建立完善的維護管理制度，有助於屋頂綠化的使用年限。

Q 9. 臺灣目前推廣屋頂綠化遭遇之問題為何？

世界各國為因應環境變遷，積極推動生態環保，實踐屋頂綠化是盛行方法之一。德國、歐美和亞洲國家政府亦開始推動相關政策實行屋頂綠化，是高度重視屋頂綠化的建設，政府支持及完善的法律規範，配合健全的組織管理機構、施作技術，且廣泛公眾參與。

反觀臺灣目前雖有法令和補助措施，但卻無明確的施作規範可供參考，且無設置機構或部門，處理相關案件，責任問題該如何釐清、後續維護管理誰該負責等問題之衍生，即使民眾有意願卻也不敢貿然施作。此外，臺灣仍需考量建築違建的問題，部分鐵皮屋或是違建施作時是否有經過防漏水測試，以及是否危害建築物，這些問題亦是目前推動的困難點之一。

參考文獻

- (日)Nikkei Architecture . 胡連榮譯. 2007. 最新屋頂綠化設計、施工與管理案例. 北京. 中國建築工業出版社
- 內政部建研所. 2010. 屋頂綠化建構技術之研究.
- 王仙民. 2007. 屋頂綠化. 華中科技大學出版社
- 付軍. 2011. 城市立體綠化技術. 北京. 化學工業出版社
- 史曉松、鈕科彥. 2011. 屋頂花園與垂直綠化. 北京. 化學工業出版社
- 林月金、王讚煌. 1991. 園藝農場之經營管理. 臺灣農業經營研討會專集 p. 239-248.
- 科爾布. 袁新民譯. 2002. 屋頂綠化. 遼寧科學技術出版社
- 財團法人都市綠化機構特殊綠化共同研究會. 2012. 都市建築屋頂綠化設計知識問答手冊. 東京. 鹿島出版社.
- 馬月萍、董光勇. 2011. 屋頂綠化設計與建造(II). 北京. 機械工業出版社
- 國際綠色屋頂協會、健康綠色屋頂協會. 2009. 最新國外屋頂綠化. 華中科技大學出版社
- 張育森、賴允慧、侯炳丞、張采依、陳昱心. 2010. 綠屋頂的環境效益與相關技術探討. pp. 9-23. 『都市新田園』綠屋頂、綠牆推廣展示活動資料. 財團法人臺北市錫瑠環境綠化基金會, 臺北。
- 張采依. 2012. 薄層屋頂綠化植物選擇與應用之研究. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文. 臺北.
- 陳坤燦. 2008. 綠屋頂植物材料選擇要點與植物種類介紹. pp. 27-29. 綠屋頂推廣交流討論會資料. 財團法人臺北市錫瑠環境綠化基金會, 臺北.
- 臺灣屋頂綠化暨立體綠化協會. 2012. 我愛屋頂綠化. 臺北. 麥浩斯出版社.
- 蔡厚男. 2013. 屋頂綠化技術手冊. 臺北. 詹氏書局.
- 蔡建泓. 2012. 薄層屋頂綠化植栽選種及灌溉量之研究—以臺北、臺中、臺南為例. 國立勤益科技大學景觀系碩士論文. 臺中.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau. 2008. Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green

Roofing - GreenRoofing Guideline. Bonn.

- Price, J.G., Watts, S.A., Wright, A.N., Peters, R.W., and Kirby, J.T. 2011. Irrigation lowers substrate temperature and enhances survival of plants on green roofs in the Southeastern United States. Hortechonology 21:586-592.
- Schroll, E., Lambrinos, J.G., and Sandrock, D. 2011. An evaluation of plant selections and irrigation requirements for extensive green roofs in the Pacific Northwestern United States. Hortechonology 21:314-322.
- Wolf, D., and Lundholm J.T. 2008. Water uptake in green roof microcosms: Effect of plant species and water availability. Ecol. Eng. 33:179-186.

附錄 I、國內綠建築相關法規

國內尚無屋頂綠化實施法規與獎勵辦法，故以下針對建築綠美化相關獎勵辦法進行分類，分類如下。

臺北市：

- 第一類建築基地之綠化，綠覆率應達百分之六十五以上。
- 第二類建築基地之綠化，建築物應留設之法定空地以集中留設為原則，綠覆率應達百分之五十以上。
- 第三類建築基地綠化，其綠覆率應達百分之三十以上。
- 屋頂突出物之牆面應植蔓藤植物設置花臺綠化。
- 1994 年訂定「臺北市建築物暨空地綠化實施要點」，指出建築物可選擇於屋頂設置花圃或女兒牆設置花臺，二項擇一設置，屋頂花圃面積應占屋頂平臺 1/4 以上，女兒牆應於上方內側設置 50 公分寬之花臺，深度可達屋面，總長度應達建築物四周女兒牆全長 1/4。
- 2005 年公布「臺北市都市更新整建維護實施辦法」，凡符合都市更新事業之整建或維護項目，其建築物的陽臺、露臺及屋頂平臺綠美化工程可申請補助。
- 2008 年臺北市都市發展局提出「臺北市好好看系列計畫」，透過老舊建築立面修繕、校園圍牆綠籬化等，鼓勵公私有土地與建築物全面景觀化。

新北市：

- 2009 年新北市政府為獎勵民眾主動設置屋頂綠化，凡於建築物屋頂裝置太陽光電發電系統及屋頂綠化者，將給予適度的建築容積獎勵。
- 依照「新北市都市更新建築容積獎勵核算基準」，申請都市更新之建築屋頂綠化覆蓋率達 50% 以上之條件，可獎勵容積，最高上限可達 5%。
- 2001 年開始新建案只要超過 5000 平方公尺，須送「新北市都市設計審議委員會」審議相關建築設計書圖，申請建造執照皆須在屋頂「設置綠能設施或設備」。

高雄市：

- 依「高雄市建築基地實施綠化審核辦法」規定綠覆面計算基準與應植植栽種類之比例、開放空間及應綠化之空地規定、綠化之植物種類、最小覆土厚度規定與綠化設計圖說應包含事項等。
- 「高雄市都發局都市更新」將針對尚未建築閒置空間綠美化、建築物本體景觀改善、夜間照明、建築物外部空間景觀等進行補助。
- 「高雄市工務局建築管理處」提供私有空地綠美化獎勵措施，如：減免地價稅、增加容積率等。
- 2007 年實施「高雄市綠建築自治條例」，管制都市設計審議地區建物的屋頂綠化設置比率及既有建物設置屋頂綠化之獎勵補助等規定，並訂定相關罰則，適用於第一類至第五類建築物。
 - 第十條屋頂綠化設施之設置規定
 - (一) 面積應達屋頂層可綠化面積 1/2 以上。
 - (二) 第三類建築物如設置屋頂綠化設施者，其設置面積應達可設置綠化面積 4/5 以上。
 - (三) 屋頂綠化應附設給水設備，以供植栽澆灌使用，並應考察植栽位置及排水、防水設計。

鑑此，與國外相互比較，國內應先推動相關屋頂綠化之獎勵辦法，例如：提供相關綠化產品優惠、降低徵稅與增加容積率等，並配合 2010 年臺北國際花卉博覽會，進而推廣不同縣市之獎勵辦法。獎勵機制成熟後，循序漸進制定相關屋頂綠化之法規，俾利民眾增加屋頂綠化之相關知識與信心。

附錄 II、屋頂綠化地點自我評估表

表 附錄 II-1、建立屋頂綠化地點之自我評分表(提供社區、學校、公司或機關)

評分項目	配分	評估內容	得分
一、政策與區域性	10%		
1. 居民數量、屋頂使用狀況	(4%)	人為活動度(人數)高、屋頂使用程度高：4分 人為活動度(人數)中等、屋頂使用率高：3分 人為活動度(人數)少、屋頂使用率中等：2分 人為活動度(人數)少，屋頂使用率低：1分	
2. 座落位置或周邊建設程度	(3%)	城市程度或周邊建設程度高(如都市)：3分 城市程度或周邊建設中等(如近郊)：2分 城市程度或周邊建設程度低(如鄉村、海濱)：1分	
3. 低碳政策	(3%)	有社區營造、低碳競賽或環境教育(學校)得名：3分 有低碳活動但未參與競賽或得名：2分 有社區營造(住戶)或環境教育但無低碳事蹟：1分 無任何營造、環境教育或競賽：0分。	
二、既有環境與立地條件	20%		
1. 建物狀態、屋齡及屋面坡度 (建物狀態更新或屋齡越低分數越高。)	(5%)	屋齡 10 年以內且狀態良好，且坡度<15 度：5 分； 屋齡 10-20 但狀況良好，且坡度<15 度：4 分； 屋齡 20 年內狀況不佳但可改善，坡度<45 度：3 分 屋齡 20 年以上但狀況良好，坡度<45 度：2 分； 屋齡 20 年以上狀況不佳但可改善，坡度>45 度：1 分 屋齡 20 年以上狀況差且無法改善，坡度>45 度：0 分。	
2. 屋頂排水狀況	(5%)	屋頂排水狀況良好或近期完成屋頂漏水測試：5 分 下雨屋頂會短暫積水，1-2 天內乾燥：3 分 下雨天或澆水後屋頂會積水，3 天以上才乾燥：1 分	

		屋頂長年積水：0分	
3. 基地可使用面積百分比 (（施作面積/總屋頂面積）*100%)	(5%)	百分比大於 90%：5 分；介於 70-90%：4 分 百分比介於 50-60：3 分；介於 30-50：2 分 百分比介於 10-30：1 分；小於 10：0 分。	
4. 基地施作完整性	(3%)	屋面完整性高或建物突出、雜物少：3 分 屋面完整性中等但建物突出、雜物少：2 分 屋面完整性中等但有大量突出、雜物：1 分 屋面完整性低且有大量突出、雜物：0 分	
5. 氣候條件	(2%)	平均風速大於 5 m、平均日照量低於 5000 lux、環境平均濕度高於 80%、平均氣溫於 20-35°C 以外等，有一項即扣 0.5 分，扣至 0 分為止。	
三、設計規劃書完整度	20%		
1. 屋頂狀況描述、屋頂空照圖、建物照片或結構圖提供	(6%)	(1)描述、照片(3%)-- 屋頂描述、照片提供完整且清楚：3 分； 有屋頂描述、照片提供但不清楚：2 分； 屋頂描述、照片提供部分缺失：1 分； 無描述與照片提供：0 分。 (2)結構、數據(3%)-- 原有結構圖和量測數據提供完整：3 分； 原有結構圖和數據有少量缺項：2 分； 原有結構圖或數據(其中一項)不清楚或未量測：1 分； 無提供原有結構圖和數據：0 分。	
2. 女兒牆高度、動線完整性	(4%)	(1)女兒牆高度(2%)-- 女兒牆高度大於 130 公分：2 分； 女兒牆高度 80-130 公分：1 分； 女兒牆高度低於 80 公分：0 分。 (2)動線完整性(2%)-- 動線完整無阻擋：2 分；	

		動線少部分被阻擋：1分； 動線零散或阻擋過多：0分。	
3. 防水設備、硬體設定	(4%)	(1)防水保固(3%)-- 防水工程5年以上保證(不滲漏)：3分； 防水工程3-5年保證：2分； 防水工程1-2年保證：1分； 無保證：0分。 (2)防水硬體設備(3%)-- 防水保護層或鋪面完善：3分； 防水保護層或鋪面尚可：2分； 防水保護層或鋪面有受損但堪用：1分； 防水保護層或鋪面損壞無功能：0分。	
4. 排水設備、管線設定	(3%)	(1)洩水坡度、排水速率(2%)-- 洩水坡度>2%：2分；介於1-2%：1分； 洩水坡度<1%：0分。 (2)排水管狀態(1%)-- 排水孔(管)徑大且乾淨無阻塞：1分； 排水孔(管)徑小且常容易阻塞：0分。	
5. 給水管線、設計、節水設施	(3%)	水源取得方便且搭配雨水或中水回收與簡易過濾裝置、使用節水設施：3分； 水源取得方便或雨水(中水)回收及簡易過濾裝置：2分； 水源取得不便，但有標示回收管線：1分； 水源取得不便且無標示管線：0分。	
四、人員配合程度與後續維管計畫	25%		
1. 使用者或社區、機關接受度	(2%)	非常歡迎、接受度高：2分； 尚可接受：1分；無法接受：0分。	
2. 主事者理念(申請屋頂)	(3%)	動機強、理念符合需求且配合申請地發展：3分；	

綠化動機、社區發展前景、 環境教育理念)		動機強、理念符合但無發展藍圖：2分； 動機與理念稍差：1分； 無動機、理念：0分。	
3. 專業維管人員訓練與安 全性掌握	(5%)	(1)屋頂綠化專業程度(3%)-- 參加過專業屋頂綠化培訓課程：3分； 僅參加過講習但無實際施作：2分； 略懂屋頂綠化知識：1分； 完全不懂屋頂綠化：0分。 (2)人員操作安全性(2%)-- 安全：2分；稍有危險：1分；危險：0分。	
4. 維護管理計畫完整性與 記錄	(15%)	(1)植栽、介質、週邊環境、排水維管計畫(各3%)-- 計畫完善且有專門管理人員與標準依據：3分； 計畫完善但管理人員或標準不定：2分； 計畫不明確但有專門管理者：1分； 無計畫且無專門管理人：0分。 (2)維護管理記錄設計完整性(3%)-- 有完整紀錄格式與負責人：3分； 有完整紀錄格式但無專人負責：2分； 無完整格式但有專人：1分； 無記錄格式亦無負責人員：0分。	
五、經濟條件	10%		
1. 經費自行負擔或配合程 度	(3%)	完全自籌：3分；自籌經費高於補助：2分 自籌費用少於補助：1分；無自籌：0分。	
2. 推廣條件及公共使用率	(3%)	捷運、公車可直接抵達處：3分； 捷運、公車、鐵路可達但需步行15分鐘以下：2分； 僅1種大眾交通可直接抵達，或2種以上但須步行 20分鐘以上：1分； 無大眾交通工具可抵達：0分。	
3. 申請施作地點大小(綠	(4%)	綠化百分比>70%：4分	

化/未綠化)		綠化百分比介於 50-70%：3 分； 綠化百分比介於 30-50%：2 分； 綠化百分比介於 10-30%：1 分； 綠化百分比<10%：0 分	
六、效益大小	15%		
1. 環境效益(增加綠化、降溫隔熱、固碳、減少逕流、滯塵、降低噪音)	(6%)	效益顯著：5-6 分； 略有效果：3-4 分； 效益不明顯或僅一種效益：1-2 分； 毫無效益：0 分。	
2. (環境)教育推廣效益	(3%)	環境教育或推廣效果顯著：3 分； 略有環境教育效益：1-2 分； 無任何效益：0 分。	
3. 生態效益(生物多樣性)	(3%)	生物多樣性顯著：3 分； 中等程度生物多樣性：2 分； 稍有生物多樣性：1 分； 無生態效益：0 分。	
4. 生產效益(農產、低碳產品、綠能)	(3%)	產值、產能皆高：3 分； 產能低但產值高：2 分； 產能高但產值低：1 分； 產值、產能皆低：0 分。	
總分	100%		總評分

(資料來源:本研究整理)

表 附錄 II-2、建立屋頂綠化地點之自我評分表(欲施作民眾自我評估)

評分項目	配分	評估內容	得分
一、既有環境與立地條件	20%		
1. 建物狀態、屋齡	(5%)	屋齡 10 年以內且狀態良好，且坡度<15 度：5 分； 屋齡 10-20 但狀況良好，且坡度<15 度：4 分； 屋齡 20 年內狀況不佳但可改善，坡度<45 度：3 分 屋齡 20 年以上但狀況良好，坡度<45 度：2 分； 屋齡 20 年以上狀況不佳但可改善，坡度>45 度：1 分 屋齡 20 年以上狀況差且無法改善，坡度>45 度：0 分。	
2. 屋頂排水狀況	(5%)	屋頂排水狀況良好或近期完成屋頂漏水測試：5 分 下雨屋頂會短暫積水，1-2 天內乾燥：3 分 下雨天或澆水後屋頂會積水，3 天以上才乾燥：1 分 屋頂長年積水：0 分	
3. 基地可使用面積/施作面積	(5%)	百分比大於 90%：5 分；介於 70-90%：4 分 百分比介於 50-60：3 分；介於 30-50：2 分 百分比介於 10-30：1 分；小於 10：0 分。	
4. 基地施作完整性	(3%)	屋面完整性高或建物突出、雜物少：3 分 屋面完整性中等但建物突出、雜物少：2 分 屋面完整性中等但有大量突出、雜物：1 分 屋面完整性低且有大量突出、雜物：0 分	
5. 氣候條件	(2%)	平均風速大於 5 m、平均日照量低於 5000 lux、環境平均濕度高於 80%、平均氣溫於 20-35℃ 以外等，有一項即扣 0.5 分，扣至 0 分為止。	
二、設計規劃書完整度	30%		
1. 屋頂狀況描述、屋頂空照圖、建物照片或結構	(8%)	(1)描述、照片(4%)-- 屋頂描述、照片提供完整且清楚：4 分；	

圖提供		<p>有屋頂描述、照片提供但不清楚：2-3 分； 屋頂描述、照片提供部分缺失：1 分； 無描述與照片提供：0 分。</p> <p>(2)結構、數據(4%)-- 原有結構圖和量測數據提供完整：4 分； 原有結構圖和數據有少量缺項：2-3 分； 原有結構圖或數據(其中一項)不清楚或未量測：1 分； 無提供原有結構圖和數據：0 分。</p>	
2. 女兒牆高度、動線完整性	(6%)	<p>(1)女兒牆高度(3%)-- 女兒牆高度大於 130 公分：3 分； 女兒牆高度 80-130 公分：1-2 分； 女兒牆高度低於 80 公分：0 分。</p> <p>(2)動線完整性(3%)-- 動線完整無阻擋：3 分； 動線少部分被阻擋：1-2 分； 動線零散或阻擋過多：0 分。</p>	
3. 防水設備、硬體設定	(10%)	<p>(1)防水保固(6%)-- 防水工程 5 年以上保證(不滲漏)：5-6 分； 防水工程 3-5 年保證：3-4 分； 防水工程 1-2 年保證：1-2 分； 無保證：0 分。</p> <p>(2)防水硬體設備(4%)-- 防水保護層或鋪面完善：4 分； 防水保護層或鋪面尚可：2-3 分； 防水保護層或鋪面有受損但堪用：1 分； 防水保護層或鋪面損壞無功能：0 分。</p>	
4. 排水設備、管線設定	(6%)	<p>(1)洩水坡度、排水速率(3%)-- 洩水坡度>2%：3 分；介於 1-2%：2 分； 洩水坡度<1%：1 分；樓版凹陷：0 分。</p>	

		(2)排水管狀態(3%)-- 排水孔(管)徑大且乾淨無阻塞：3分； 排水孔(管)徑大但易阻塞需清潔：2分； 排水孔(管)徑小但乾淨無阻塞：1分； 排水孔(管)徑小且常容易阻塞：0分。	
5. 給水管線、設計	(5%)	水源取得方便且搭配雨水或中水回收與簡易過濾裝置、使用節水設施：4-5分； 水源取得方便或雨水(中水)回收與簡易過濾裝置：2-3分； 水源取得不便，但有標示回收管線：1分； 水源取得不便且無標示管線：0分。	
三、後續維管計畫與相關知識獲得	30%		
1. 居住者理念與認同度	(5%)	非常歡迎、接受度高：4-5分；尚可接受：2-3分；稍有排斥：1分；完全無法接受：0分。	
2. 屋頂綠化知識及技能熟悉狀況	(5%)	動機強、理念符合需求且配合申請地發展：4-5分； 動機強、理念符合但無發展藍圖：2-3分； 動機與理念稍差：1分； 無動機、理念：0分。	
3. 專業維管人員訓練與安全性掌握	(5%)	(1)屋頂綠化專業程度(3%)-- 參加過專業屋頂綠化培訓課程：3分； 僅參加過講習但無實際施作：2分； 略懂屋頂綠化知識：1分； 完全不懂屋頂綠化：0分。 (2)人員操作安全性(2%)-- 安全：2分；稍有危險：1分；危險：0分。	
4. 維護管理計畫完整性與記錄	(15%)	(1)植栽、介質、週邊環境、排水維管計畫(各3%)-- 計畫完善且有專門管理人員與標準依據：3分； 計畫完善但管理人員或標準不定：2分；	

		<p>計畫不明確但有專門管理者：1分；</p> <p>無計畫且無專門管理人：0分。</p> <p>(2)維護管理記錄設計完整性(3%)--</p> <p>有完整紀錄格式與負責人：3分；</p> <p>有完整紀錄格式但無專人負責：2分；</p> <p>無完整格式但有專人：1分；</p> <p>無記錄格式亦無負責人員：0分。</p>	
四、經濟條件	8%		
1. 經費自行負擔或配合程度	(4%)	<p>防水工程、屋頂綠化施作管理與維護經費無虞：4分；</p> <p>防水工程與施作可負擔，但後續維管經費不足：3分；</p> <p>僅能負擔防水工程與施作：2分；</p> <p>僅能負擔施作，無防水與後續維管經費：1分；</p> <p>經費不足以施作或無經費：0分。</p>	
2. 申請施作地點大小(綠化/未綠化)	(4%)	比例<30%、30-70%、>70%；比例越高分數越高。	
五、效益大小	12%		
1. 環境效益(增加綠化、降溫)	(5%)	<p>效益顯著：5分；略有效果：3分；</p> <p>效益不明顯：1分；毫無效益：0分。</p>	
2. (環境)教育推廣效益	(3%)	<p>環境教育或推廣效果顯著：3分；</p> <p>略有環境教育效益：1-2分；</p> <p>無任何效益：0分。</p>	
3. 生態效益(生物多樣性)	(2%)	<p>生物多樣性顯著：2分；</p> <p>稍有生物多樣性：1分；</p> <p>無生態效益：0分。</p>	
4. 生產效益(農產、低碳產品、綠能)	(2%)	<p>產值、產能皆高：2分；</p> <p>產值或產能其中一項低：1分；</p> <p>產值、產能皆低：0分。</p>	
總分	100%		總評分

--屋頂綠化選址評估指標總分代表意義--

90 分以上	良好屋頂綠化施作地點
80-90 分	建議成為施作地點
60-80 分	尚可成為施作地點，但仍有改進空間
60 分以下	不建議成為施作地點

(資料來源:本研究整理)

附錄 III、相關網站協會與廠商名錄

相關機構與廠商名錄	網站
學校與政府機構	
臺灣屋頂綠化暨立體綠化協會	http://www.greenroof.org.tw/
國立臺灣大學 園藝暨景觀學系	http://www.hort.ntu.edu.tw/main.php
國立臺灣海洋大學 河海工程學系	http://www.hre.ntou.edu.tw/cht/
內政部建築研究所	http://www.abri.gov.tw
臺灣錫鑄環境綠化基金會	http://www.hsiliu.org.tw/
七星環境綠化基金會	http://www.chi-garden.org.tw
臺灣綠建築發展協會	http://www.taiwangbc.org.tw/tw/
中華民國景觀工程商業 同業公會全國聯合會	http://www.tlcn.org.tw
World Green Infrastructure Network (WGIN)	http://www.worldgreenroof.org/
Green Roofs for Healthy Cities (GRHC)	http://www.greenroofs.org/
施工設計廠商	
樹花園股份有限公司	http://www.treegarden.com.tw/
臺灣南海股份有限公司	http://www.nanhaico.com.tw/
寶銳企業有限公司	http://www.greenroof.com.tw/
昕麟庭園藝有限公司	http://www.arch-world.com.tw
創世紀工程 當代事業開發有限公司	http://www.greenempire.com.tw
藍山園藝有限公司	http://www.coconut.url.tw/
方智有限公司	http://est-hor.siteonlinetest.com/
三木景觀事業有限公司	http://:www.3-tree.com.tw
雅唐股份有限公司	http://www.ya-town.com/
韻華景觀事業有限公司	http://case.518.com.tw/blog-talentfullsizeView.htm
欣樺工程有限公司	http://www.ula.com.tw/business/index.php?na=sinhua
貿群園藝工程有限公司	http://1207837348714.tw66.com.tw/ch/CH83/83789/S/5
君芳景觀設計有限公司	http://www.garden1899.com/
十方建設開發 股份有限公司	http://www.tuugo.tw/Companies/
盛貽綠能科技	http://www.d-spring.com.tw/ash/shine/cont

股份有限公司	act.html
相關資材廠商	
金碩實業股份有限公司	http://www.jinshuo.com.tw/
育材模型股份有限公司	http://www.asian-archi.com.tw
威肯建材企業有限公司	http://www.wekan168.com/
宇盟實業有限公司	http://www.weimoor.com.tw/
臺灣綠牆開發 股份有限公司	http://www.tw-gw.com/contact.html

內政部建築研究所

民國一〇二年

編輯群：

廖朝軒，國立臺灣海洋大學 河海工程學系 教授

張育森，國立臺灣大學 園藝暨景觀學系 教授

張采依，國立臺灣大學 園藝暨景觀學系 碩士

黃恩浩，國立臺灣海洋大學 河海工程學系 博士候選人

附錄二 審查會議紀錄處理情形

期初審查會議記錄及處理情形

時間：102年2月21日(星期四)下午2時30分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：廖組長慧燕

出席人員：梁漢溪委員、吳德賢委員、徐文志委員、廖慧燕組長

委員	審查委員意見(依發言順序)	廠商回應
梁漢溪 委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 屋頂綠化結合雨水容量設計涉及集水設計，澆灌量、亦須考量現有水資源彌補措施之雨水量。 2. 研究內容多，建議予以酌減。 3. 手冊研擬可以案例之法維護措施取代。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝委員建議，將列入本研究工作項目。 2. 感謝委員建議，未來將與所內進行商洽。 3. 感謝委員建議。
吳德賢 委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 屋頂為建築物：重要部分；其在整體建築物中；角色如何，亦請稍加探討，以做為屋頂綠化程度之參考。 2. 屋頂防水，漏水問題為屋頂綠化之重要課題，屋頂之管理權責與頂層住戶之權利義務如何，亦會影響綠化之模式，請多加探討 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。
徐文志 委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 既有建築物屋頂綠化之維護管理研究，對於時下綠屋頂之潮流，有其實質之建議，值得予以肯定。 2. 但對於屋頂澆灌水，自地面層儲集槽，經馬達抽水至屋頂，有其耗損能源之處，建議對於其儲集方式，能予以其他之建議，以適應不同建築型式之需要。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定。 2. 雨水貯集相關設置方式及型式，需因地制宜，依照該建築物型式、需水量及可使用區域等進行評估，手冊中會予以說明。
陳伯勳 委員	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案將進行蒐集案例並進行現地調查工作說明，請補充說明這些案例是否包括常見之各類工法，大約能進行多少案例？ 2. 屋頂綠化植物存活率與地區環境氣候有關，未來手冊是否能依氣候因素進行區別，如：多雨地區、少雨地區、冬季寒冷地區、夏季酷熱地區或日曬較嚴重地區等等。 3. 綠化之植物選擇建議是否能加入生態考量，例如：本土性植物誘花誘鳥植物等等。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 案例調查會包括常見之三種不同工法並考慮區域之差異，及請台灣綠屋頂暨立體綠化協會或施作廠商等提供建議納入參考，至於調查案例將於工作會議上進一步商討。 2. 各地區施作時仍受微氣候影響，各地區適合使用的植栽種類及本土性植物亦不相同，這點會列入考量。 3. 遵照辦理。

<p>廖慧燕 組長</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 薄層屋頂綠化是否較為耗水？ 2. 屋頂綠化主要目的及訴求。 3. 收集資料如何應用？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 若植物種類選擇正確，使用適合的介質材料及工法，應可減少耗水量。 2. 後續研究中會將屋頂綠化主要目的及訴求於報告中說明。 3. 所收集之資料會予以加值整理，部分列入手冊，討論可列入未來建議事項。

期中審查會議記錄及處理情形

時間：102 年 7 月 10 日(星期三)上午 9 時 30 分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：廖組長慧燕

出席人員：廖慧燕組長、江星仁委員、張文振委員、吳德賢委員、張俊哲委員、張矩墉委員、蕭弘清委員。

項次	相關意見與建議	研究團隊回覆辦理情形
1	<p>江星仁委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 第 35 頁，表 2-12 中載重的單位是否更改，以技術規則單位為主。 第 38 頁，表格內的總分為 94 分，應調整更正。 第 45 頁，第 7 行錯別字 第 47 頁，最下行錯別字 第 109 頁，覆蓋程度似乎達不到 100%。 補充試驗單元。 花園新城案例其照片似乎平地，是否有誤？ 	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際修正情形回覆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 已修正(P.43) 已修正(P.50) 已修正(P.52) 已修正(P.105) 期中已回覆 期中已回覆，細節可參照內政部建築研究所 99 年「屋頂綠化建構技術之研究」。 照片確實無誤，乃因照相角度關係造成視覺的效果。
2	<p>張文振委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 期中報告現地勘察作業結果顯示有三成左右的案例，在營運期間發生漏水或淹水現象，建議應針對現有施作嚴重危害案例進行研究其原因。 簡易評估表中，評估內容區分為嚴重、中等、輕微等，民眾該如何評斷嚴重程度。且總分加總僅 94 分。 	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際修正情形回覆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 初步探究原因為防水層未施作完全。已在手冊中建議需施作防水層。 已修正(P.43)。
3	<p>吳德賢委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 是否設計施作綠屋頂時，下方仍有一層為公眾活動空間，如此一來底層住戶可避免漏水問題。 是否應要求建物作六面設計，強調屋頂綠化設計概念。 推動屋頂綠化時，可不一定推薦薄層綠屋頂，以增加使用空間。 	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際修正情形回覆。</p> <p>1&2.屋頂綠化設計無想像中簡單，牽涉工程複雜，需要多方行業共同努力。</p> <p>3. 目前許多研究因生命週期成本與環境效益原因都逐漸朝向生態屋頂進行發展，而慢慢捨棄庭園型屋頂綠化。</p>
4	<p>張俊哲委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 屋頂綠化指針尚未列入法規內，是否涉及公共安全。 哪種型式建築物適合施作綠屋頂，故應針對適合的施作地再給予建議。 	<ol style="list-style-type: none"> 感謝委員指正與建議，已納入手冊。 此部分已有縣市(高雄市)訂定相關自治條例。已納入手冊。
5	<p>張矩墉委員</p>	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安全性原則的結構承載只有台灣建築技術規則，屋頂綠化規範 4.2 調才算的上是結構承載，其他國家部份都與結構承載無關，建議重新整理。 2. 屋頂綠化應盡量在新建築物為之，既有建築除極少數有預留載重，獲採用薄層綠化，載重較低之外，幾乎都超出原有載重設計。 3. 報告中提及信義國中軍訓所崩塌，能否深入了解是哪個結構或環節出現問題所造成。 4. 土壤介質之熱阻係數不高，故薄層型綠化屋頂之隔熱效果並不佳，且栽種草坪對固碳量而言也很低。 5. 雨水貯集槽補充水機制，應注意補充水量佔據貯集與水量。如何操作可再進一步說明。 6. 逕流量減少的部份可否與基地保水指標之 Q3 做比較。 	<p>修正情形回覆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 已修改(P.41)。 2. 屋頂花園承載量較大僅適合新建建築，但城市中大多為舊有建築，故須考量適合施作的類型。 3. 該案施作前未計算結構載重，缺乏支撐導致倒塌。 4. 目前許多研究因生命週期成本與環境效益原因都逐漸朝向生態屋頂進行發展，而慢慢捨棄庭園型屋頂綠化。 5. 請參酌第 5 章 6. 已說明(P.120)
<p>6</p>	<p>蕭弘清委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 很有意義之計畫，可以改進都市空照景觀，但防水設計及管理有待納入屋頂綠化維護管理手冊，以供推廣推廣之重要參考及工具。 2. 屋頂綠化對於頂樓室內空間之降溫與節能有助益，可長期研究。 3. 非本人專長領域無其他意見。 4. 黃大洲前市長曾推廣綠屋頂，建議大家可種植南瓜，除了綠化外，亦具有教育、經濟等效益。 	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際修正情形回覆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 請參酌手冊。 2. 屋頂綠化具有良好的降溫節能效果，雖並非本研究著重要點，但仍回於手冊上提出。 3. 感謝委員寶貴意見。 4. 感謝委員寶貴意見。
<p>7</p>	<p>廖慧燕組長</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 部方地方政府採鼓勵措施推廣綠屋頂，但部分施作點後續的維護管理是重大問題之一。因此本計畫擬解決問題為針對已施作的綠屋頂，該如何進行後續的維管作業。 2. 若欲施作綠屋頂，初期新建施作點的條件，亦為要點之一。 3. 針對失敗案例應細部探討其發生原因，以供後續欲施作單位之參考。 	<p>感謝委員指正與建議，將針對實際修正情形回覆。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 欲撰寫的屋頂手冊，主要目的非為推動，而是針對目前已施作的綠屋頂進行探討，提供適當的維管方式。 2. 此項目未來將加入探討。 <p>請參酌第 3 章第 2 節</p>

期末審查會議記錄及處理情形

時間：102 年 11 月 15 日(星期三)上午 9 時 30 分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：廖組長慧燕

出席人員：廖慧燕組長、張文振委員、王敏順委員、張矩墉委員、蕭弘清委員。

項次	相關意見與建議	研究團隊回覆辦理情形
1	<p>營建署 張譯云</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本案建議本署主辦增加屋頂綠化示範點及訂定相關獎勵與法規部分，因本署委辦之「民間建築物綠建築更新診斷及改造評估」專業服務案，自 101 年起已無工程款補助，故增加屋頂綠化示範點之建議，本署尚無相關經費可執行。另「建築基地綠化設計技術規範」已有立體綠化規定，應無需另訂屋頂綠化法規。 2. 有關既有建築屋頂綠化部分，建議宜由各縣市政府依當地環境條件及財政情況自行規劃獎勵措施，進行推廣及獎勵補助，另建議將本案建立之屋頂綠化手冊及成果報告函送各縣市政府參考運用。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員指正與建議，已修正於摘要及第七章第二節。 2. 遵照辦理。
2	<p>工研院 張文振</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 屋頂綠化結合雨水回收設計是否有考慮目前常發生的極端氣候因素(如暴雨)? 2. 未來推廣瓶頸主要為何? 北、中、南等不同地區應在設計與施工上是否有需作不同的設計考量? 3. 報告內容極為完整，值得肯定。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本案計畫內容未與極端氣候有關，委員意見為非常寶貴之意見，日後可納入研究考量。 2. 本計劃有納入北中南東不同區域進行設計探討，請參酌研究報告第五章第四節。 3. 感謝委員肯定。
3	<p>王敏順 委員</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 本研究編撰手冊成果豐碩，值得推廣及實務應用。 2. 建議手冊加入優良案例專章，以供實務界參考與未來現場觀摩基地選樣之依循。另外第 85 頁雨量偵測器須加註注意事項：以裝置在四面不阻隔雨水位置為宜。 3. 各種推薦植栽建議加入照片供參。 4. 屋頂綠化之雨水收集宜以屋頂集水槽收集為佳，提倡以重力澆灌，盡量避免收集到地下儲集槽，再以電力抽至屋頂儲集槽利用之耗能的做法。 5. 雨水儲集容量設計視窗化使用者介面系統，是否放在內政部建研所網站，以供各界利 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員肯定。 2. 感謝委員指正與建議，將與委辦機關討論。 3. 因植栽照片種類繁多及照片版權問題，將與委辦機關討論。 4. 委員意見為非常寶貴之意見，雨水設計需依實際現地情況進行設計。 5. 感謝委員指正與建議，將與委辦機關討論。 6. 感謝委員意見。 7. 期末報告全文已修正為雨水貯集儲蓄容量。

	<p>用？請說明。</p> <p>6. 建議手冊電子檔可透過內政部建研所免費下載使用。</p> <p>7. 「桶容」是否在正名？</p>	
4	<p>張矩墉 建築師</p> <p>1. 屋頂綠化考量喬木之載重時，應考量一定期間喬木成長後之重量，而非僅考慮新植時之重量。且綠建築種植時不應列覆蓋率。</p> <p>2. 既然有了本研究關於屋頂綠化相關蒸散、逕流之數據，是否得以作為驗證，目前綠建築基地保水指標及修正之依據。</p> <p>3. 現行的雨水相關有基地保水範疇與水資源中的雨水儲留，另尚有法定滯流量，建議這三者做一個完整的考量，統一於一則較易實務上的應用。</p>	<p>8. 感謝委員指正與建議，已於報告中註明，請參酌研究報告第二章第二節及第四節。</p> <p>9. 非本案計畫工作項目，委員意見為非常寶貴之意見，日後可納入研究考量。</p> <p>10. 非本案計畫工作項目，委員意見為非常寶貴之意見，日後可納入研究考量。</p>
5	<p>梁教授</p> <p>1. 手冊參考對象即是用可於手冊中予以述明，部分內容或許可再加註簡化說明，如屋頂綠化型式比較之承載量判斷，對一般民眾有點難。</p> <p>2. 建議技術層面如澆灌、阻根、防水層、介質層多些圖示說明，建議所內再編列預算，予以完成發行。</p>	<p>1. 感謝貴單位指正與建議，民眾可依報告第二章第二節或手冊第二章第三節之簡易載重評估表格進行評估。</p> <p>2. 感謝貴單位指正與建議，將與委辦機關討論。</p>
6	<p>蕭弘清 委員</p> <p>1. 整體執行進度內容與預期成果、計畫設定目標相符合。報告內容詳盡、敘述清楚、分析深入，值得作為未來推廣之重要參考文件，尤其屋頂綠化維護手冊，在未來推廣上更具成效，但是否另製作成電子 CD 版或網路流通，將更直接有效。</p> <p>2. 建議報告書內容修正或補充：</p> <p>① 報告之格式層次編碼太亂，且不符合中央標準文書格式之統一編碼要求，行距、字型不一致，將會影響報告之水準，宜徹底統一格式、排版、字型等。</p> <p>② 屋頂綠化參酌國外，須注意更要適應台灣之氣候條件，尤其屋頂之承載荷重、評估，民眾及一般施工單位是否有能力評估，宜規劃未來推廣及講習培訓。</p> <p>③ 在台灣尤其應加強排水孔之清理，簡化維護表格，更是未來實用管理所要之重要文例。</p> <p>3. 手冊內容編排是否以效果為主，但技術篇放在網頁較符合環保？</p>	<p>1. 感謝委員肯定。</p> <p>2. 感謝貴單位指正與建議。</p> <p>① 全文已依照委辦單位契約格式修改。</p> <p>② 感謝貴單位指正與建議，將與委辦機關討論。</p> <p>③ 請參酌研究報告第二章第二節。</p> <p>3. 感謝貴單位指正與建議，將與委辦機關討論。</p>

附錄三 座談會會議紀錄

第一次座談會

「屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究」 座談會會議紀錄

開會時間：民國 102 年 7 月 22 日（星期一）下午 2 時 30 分

開會地點：內政部建築研究所

（捷運大坪林聯合開發大樓 13 樓簡報室，新北市新店區北新路 3 段 200 號）

聯絡人及電話：黃恩浩 研究助理 02-2462-2192#6160；0939520444

E-mail: enhao717@hotmail.com

主持人：廖組長慧燕、廖朝軒教授

出席者：內政部建築研究所廖組長慧燕、國立勤益科技大學方助理教授智芳、中洲科技大學張教授文三、台灣綠屋頂暨立體綠化協會李理事長有田、台灣綠屋頂暨立體綠化協會江副秘書長育賢、藍山園藝有限公司藍總經理梁文、創世紀工程當代事業開發有限公司何總經理有為

列席者：廖主持人慧燕、廖協同主持人朝軒、戴研究員政安、張教授育森、黃助理恩浩

議程：

- 一、簡報 10 分鐘
- 二、綜合討論 60 分鐘
- 三、結論 10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 為維持屋頂綠化壽命及其效益，確保綠屋頂能長期運作使用及發揮效益，於不同綠化形式、建構期間及營運期間之相對應維護管理措施為何？（參考資料請參閱附件二）
2. 本研究初步研擬之「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」其架構與初步內容修訂方向及建議？（參考資料請參閱附件二）

發言人	建議
李有田 理事長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第九頁：活承載量是否過低。 2. 第十頁：施工重量過低（3 cm 花土已有 45 kg/m²）。 3. 介質應訂定滲透率。 4. 規範中應列入阻根層、防水測試等。
何有為 總經理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供替代介質，配方土等資訊。 2. 北、中、南環境不同，適用之綠屋頂植物亦不相同，手冊是否列入相關資料。 3. 手冊定案前，是否增開會議宣導。 4. 施作後之監測方法。

<p>藍梁文 總經理</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 針對失敗案例進行探討。 2. 有厚度的防水（二次防水）。 3. 架高（與樓地板分隔）。
<p>方智芳 教授</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介質放入適量砂質壤土。 2. 第十九頁：雞冠蕓桐（根系）。 3. 第二十一頁：多肉植物（南部適應不佳）。 4. 排保水層是否加入各種類型。 5. 灌溉設備的優缺點。 6. 施肥種類、量等建議。
<p>江育賢 秘書長</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請列入防風措施。 2. 女兒牆規範。
<p>廖慧燕 組長</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 應先有策略，綠屋頂有哪幾種類型？欲施作之民眾其適合的屋頂類型為何？適用植物有哪些？ 2. 手冊可有兩個版本：完整手冊及一般民眾使用。

第二次座談會

「屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究」 座談會會議紀錄

開會時間：民國 102 年 10 月 14 日（星期一）上午 9 時 30 分

開會地點：國立台灣大學 園藝系花卉館

（台北市大安區羅斯福路四段 1 號）

聯絡人及電話：黃恩浩 研究助理 02-2462-2192#6160；0939520444

E-mail: enhao717@hotmail.com

主持人：廖朝軒教授

出席者：國立勤益科技大學方助理教授智芳、中州科技大學張教授文三、台灣綠屋頂暨立體綠化協會李理事長有田、藍山園藝有限公司藍總經理梁文、創世紀工程當代事業開發有限公司何總經理有為

列席者：廖協同主持人朝軒、張教授育森、黃助理恩浩

議程：

- 一、簡報 10 分鐘
- 二、綜合討論 60 分鐘
- 三、結論 10 分鐘
- 四、散會

討論議題：

1. 為維持屋頂綠化壽命及其效益，確保綠屋頂能長期運作使用及發揮效益，於不同綠化形式、建構期間及營運期間之相對應維護管理措施為何？（參考資料請參閱附件二）
2. 本研究研擬之「屋頂綠化建構暨維護管理手冊」其內容修訂方向及建議？（參考資料請參閱附件二）

發言人	建議
李有田 理事長	<ol style="list-style-type: none"> 1. 草坪需水量多，種植上無法符合節水灌溉的環保概念。 2. 手冊名稱是否簡化，或將其他名稱改為副標題。 3. 排水孔附近不建議鋪粗砂，容易阻塞排水孔。 4. 維管作業的年間次數及成本概估部分低估，應增加維管次數或檢查次數。 5. 保綠人造土目前屬於無機介質。 6. 建議將第 26 頁天然石材中的黏土去除。 7. 介質的配比部分是否不列入手冊內容。提供的配比中有機質比例偏高，應降於 20% 以下，容易分解，故介質流失、如何補土是重要關鍵。 8. 山土、田土、砂質壤土名詞請統一。 <p>盆栽式屋頂綠化亦會種植喬木或灌木型植物，是否列入種類、土深、防風固定等之說明。</p>
張文三 教	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各種型式之機能性應再次確認其內容。

授	<ol style="list-style-type: none"> 2. 據觀察鵝掌藤和翠蘆荊，適應性良好，目前尚未有根系竄出的問題。 3. 植物種類受環境條件所影響，如日照、風、溫度等，應根據當地微氣候適地適種。 4. 迷迭香根據種植經驗，容易生長不佳。 5. 草坪部分可納入地毯草。 6. 植栽部分是否加入圖片，供民眾參考。 7. 蔬菜類作物是否應區分冷季、暖季作物，並以各月份可種植種類之型式列出較為恰當。此外，草花種類可再多補充。 <p>植栽馴化亦為重點之一，影響植物的存活性。</p>
何有為 總經理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 手冊名稱斟酌是否修改。 2. 建議將盆栽式改為盆鉢式綠屋頂，另外可將將其他同類型列入括號內。 3. 庭園式綠屋頂或花園式綠屋頂，請名詞統一。 4. 腐植土若需使用，應註明要完全發酵且無異味為佳。 5. 景天科植物受工法、介質厚度影響，應註明本地南北差異，應慎選種類。 6. 除研究性外，大部分施作地採自動化管理，設定自動灌溉。故應定時巡視、檢測自動灌溉系統的正常運作。 7. 不同植物種類依需水性將同性質種植在一起，以方便控制灌溉，植物生長也較能適應。 8. 排水系統設置中應加入於颱風季節需檢查巡視。 9. 滴灌灌溉系統控制水質為重點項目之一。 <p>若需使用發泡煉石，須注意其質輕，暴雨後容易浮起，造成介質鋪面不均等問題。</p>
藍梁文 總經理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 薄層式和盆栽式綠屋頂建議可施作於舊有建物；花園式應以新有建物為優先。 2. 表 2-1 評估表中，是否加入排水孔之設置、灌溉水源頭應有過濾系統等之評估。 3. 經濟條件中納入綠色交通的意義為何？ 4. 第 18 頁型式分類中，薄層式鮮少人為活動空間是否應去除，因大部分民眾設置目的仍以美觀為需求，且冀望能有休憩功能。 5. 排水溝是否改為排水通道，可用水陶石、晶矽石等粗顆粒材料過濾。 6. 防水層目前常使用的工法為斷根防水毯，材料為瀝青或 PVC 材質。 7. 虎尾蘭有細菌性軟腐病，是否應去除其種類。 8. 介質應盡量選用粒徑大的種類，保有通氣性及排水能力。另外介質部分配比應修正內容。 <p>既有建物若施作庭園式綠屋頂，不一定防水層必須拆除重建，應採用閉水檢測，觀察有無漏水即可。</p>
方智芳 教授	<ol style="list-style-type: none"> 1. 第 17 頁各種型式之機能中，提及薄層式屋頂綠化熱島效應效果較小，是否會影響民眾施作的選擇。 2. 第 21 頁施作流程圖是否更改為左至右之順序，閱讀上較為容易。 3. 排保水層和阻根層應分開條列，尤以阻根層為施作上必要之措施，更應強調其重要性。 4. 第 22 頁中提到須預留 20 cm 以上排水溝，亦相當重要，以防止根系穿透。 5. 蔓荊、馬鞍藤、鵝掌藤、印度橡膠樹生性強健，入侵性強，其根系可能影響建物，是否納入適用種類有待商榷。

- | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>6. 翠盧莉是否為水生植物，耐旱性應再評估。</p> <p>7. 田土來源複雜，手冊是否將其直接改為砂質壤土。</p> <p>第 37 頁灌溉部分為避免疑慮發生，建議將年平均灌溉天數去除，並補上澆灌水量或次數。</p> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

參考書目

中文部分

- (日)Nikkei Architecture. 胡連榮譯. 2007. 最新屋頂綠化設計、施工與管理案例. 北京. 中國建築工業出版社。
- 內政部建研所. 2010. 屋頂綠化建構技術之研究。
- 內政部建築研究所, 應用於綠建築設計之台灣原生植物圖鑑, 2009。
- 王仙民. 2007. 屋頂綠化. 華中科技大學出版社。
- 付軍. 2011. 城市立體綠化技術. 北京. 化學工業出版社。
- 史曉松、鈕科彥. 2011. 屋頂花園與垂直綠化. 北京. 化學工業出版社。
- 科爾布. 袁新民譯. 2002. 屋頂綠化. 遼寧科學技術出版社。
- 馬月萍、董光勇. 2011. 屋頂綠化設計與建造(II). 北京. 機械工業出版社。
- 國際綠色屋頂協會、健康綠色屋頂協會. 2009. 最新國外屋頂綠化. 華中科技大學出版社。
- 張育森、賴允慧、侯炳丞、張采依、陳昱心. 2010. 綠屋頂的環境效益與相關技術探討. pp. 9-23. 『都市新田園』綠屋頂、綠牆推廣展示活動資料. 財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會, 台北。
- 張采依. 2012. 薄層屋頂綠化植物選擇與應用之研究. 國立臺灣大學園藝學系碩士論文. 台北。
- 陳坤燦. 2008. 綠屋頂植物材料選擇要點與植物種類介紹. pp. 27-29. 綠屋頂推廣交流討論會資料. 財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會, 台北。
- 蔡厚男. 2013. 綠屋頂技術手冊. 台北. 詹氏書局。
- 蔡建泓. 2012. 薄層屋頂綠化植栽選種及灌溉量之研究—以台北、台中、台南為例. 國立勤益科技大學景觀系碩士論文. 台中。

外文部分

- Eumorfopoulou, E., Avarantions, D. (1998), "The contribution of a planted roof to the thermal protection of building sin Greece," Energy build. 27, 29-36.
- Price, J.G., Watts, S.A., Wright, A.N., Peters, R.W., and Kirby, J.T. 2011. Irrigation lowers substrate temperature and enhances survival of plants on green roofs in the Southeastern United States. Hortechonology 21:586-592.
- Schroll, E., Lambrinos, J.G., and Sandrock, D. 2011. An evaluation of plant selections and

irrigation requirements for extensive green roofs in the Pacific Northwestern United States. Hortecchnology 21:314-322.

- Wolf, D., and Lundholm J.T. 2008. Water uptake in green roof microcosms:Effect of plant species and water availability. Ecol. Eng. 33:179-186.

屋頂綠化結合雨水設計與建構維護管理之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：廖慧燕、廖朝軒、戴政安、張育森、黃恩浩、江育銓

出版年月：102 年

版次：第一版

ISBN：978-986-03-9037-7 (平裝)