

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系

碩士論文



Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

工業廠房綠屋頂之推行策略—以南部科學園區為例

Strategies of implementation of greenroof in Southern

Taiwan Science Park

張靖驩

Ching-Huang Chang

指導教授：蔡厚男 博士

Advisor: Hou-Nan Tsai, Ph.D.

中華民國 102 年 6 月

June, 2013

國立臺灣大學（碩）博士學位論文
口試委員會審定書

工業廠房綠屋頂之推行策略—以南部科學園區為例

Strategies of implementation of greenroof in Southern
Taiwan Science Park

本論文係張靖驩君（學號 R98628310）在國立臺灣大學園藝暨景觀學系、所完成之碩士學位論文，於民國 102 年 6 月 28 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

蔡厚男

（簽名）

（指導教授）

陳亮全

林沂品

白如德



誌謝

這本論文的完成感謝指導老師蔡厚男老師，三位口試委員陳亮全老師、白仁德老師和林沂品老師。感謝蔡老師在研究所求學期間的指點與教誨，老師亦師亦友的開放式教學方法至今仍對我很大的影響，對此銘記於心。三位口試委員在口試時的教誨、批評與指教至今仍歷歷在目，卻是最好的建言，在這邊衷心感謝三位老師。尤其是陳亮全老師，感謝您在繁忙之餘還要抽空在這本並不健全良好的論文上。特別感謝屋頂綠化協會的李有田理事長，南科管理局的賴秧棋科長，感謝你們抽空接受我的拜訪，並給予許多寶貴意見。

在此給所有閱讀這本論文的人一個閱讀指南，本論文有很多的缺陷不足補完，最初的論文題目是以可行性評估與推動策略為題，然而我自己在論文寫作過程有所迷失，也因此偏離題目，即便論文題目有所更動。簡述本論文有三大缺點：1. 研究架構的不明確 2. 基地選址的不精確 3. 研究方法不完善，希望不致造成論文閱讀的人有所誤解，因此若有任何人翻開了這本論文，我希望你會先看到謝誌，我會建議你：不要閱讀它，這裡沒有你要的答案。但是整本論文仍在資料蒐集與統整上有所貢獻，從參考文獻中也可以搜索到世界上大多數的綠屋頂相關城市案例經驗，希望這部分有所幫助。

最後感謝我的家人，在研究所求學期間打理家務讓我無須操心享盡福氣。感謝 R201 的學長姐、同學、學弟妹們。

這本論文是不完善的、不好的，也讓我在這跌了跤，但是卻讓我學到許多。



中文摘要

二十一世紀因應氣候暖化衝擊的減緩對策之一，是發展建築節能的屋頂退燒技術，也就是綠屋頂。而綠屋頂作為屋頂薄膜結構可以有效減緩暴雨逕流、減少空調能源使用並提供基本的生態機能，無論是作為建築節能的手段或是公園綠地的一部份都具有舉足輕重的份量。國外綠屋頂長年發展歷史悠久，台灣的綠屋頂產業如今也開始萌芽發展，而台灣尚缺乏相關研究探討該如何有系統的推行綠屋頂，是故為本研究的研究動機。由於綠屋頂的設置涉及土地使用分區與建築類型，考量可以提供屋頂面積大且建築類型統一，因此選擇工業區作為探討綠屋頂推行的目標，並以台南科學工業園區為案例分析對象，分析其廠房類型與成本效益並佐以德國柏林、日本東京與韓國首爾三個城市綠屋頂政策的案例經驗，提出南科綠屋頂的推行策略。研究方法使用訪談、文獻分析法。

研究結果指出工業廠辦符合設置綠屋頂的要求，但屋頂空間有限。現行階段於南科園區推行綠屋頂會受到極端暴雨的影響而有植栽選用的問題。南科推行綠屋頂的政策應將綠屋頂技術規範納入土地使用管制中，並透過最低綠化率、補助金、減稅和維護管理審查作為主要推行手段。南科園區的案例發想提供我們對於綠屋頂政策的正面想像，其中透過這些技術規範與獎勵配套措施，可作為政府單位和專家學者思考綠屋頂政策設計的架構。而科學園區隸屬於國科會管轄，作為中央政府推行綠屋頂的示範案例再適合不過。並建議後續研究可以朝在地植物材料研究與綠屋頂環境效益研究兩個方向發展。

關鍵字：屋頂綠化、薄層型綠屋頂、粗放式綠屋頂、綠屋頂政策、廠房、廠辦建築

英文摘要



In response to the impact of global warming in twenty-first century, a roof cooling technique of building energy saving, which is the green roof. As the roof membrane structure, green roof can effectively reduce stormwater runoff, saving energy from air condition and provide basic ecological function. Either as a means of building energy saving or as a part of park and green space system, green roof plays a decisive role.

Green roof develops for decades in the whole world, and now the industry of green roof in Taiwan is now began to sprout. But Taiwan is still in lack of study to investigate how to implement green roof in a systematic way. Therefore is the motivation of this study.

Setting of green roofs involving land use zones and building types, consider the larger roof area and unified building type will be better condition for case study. The study chosen the industrial zone as the objective discussed, and Southern Taiwan Science Park(STSP) is the case study objective. Through the analysis of factory buildings, green roof whole-life cost analysis, and case analysis of green roof policy experiment of Berlin and Tokyo to propose the implementation strategies of green roof in STSP. The study use qualitative method, included interview, literature analysis and Case analysis.

Research results have three, first, indicate that industrial plant comply the requirements of setting of green roof, but the roof space is limited. Second, current stage of the implementation of green roofs in STSP will influenced by the impact of extreme stormwater and has the problem in choosing plant materials. Third, implementing green roof policies in STSP should combine the green roof technical

specifications into the land use regulation, and through the minimum greening rate, grants, tax reduction, and maintenance management examine as the main policy tool.

Case of STSP provide us a positive imagination of green roof policy, and these technical specifications and incentives measures can be the frame of green roof design for those government agencies, experts and scholars. The Science Park is under the jurisdiction of the National Science Council, it's the perfect objective to be the model case of implementation of green roof policy of central government. Suggested future research can move on to focus on local plant material research and environmental benefits.

Key words: Roof Greening, Extensive Green Roof, Green Roof Policy, Plant, Plant and Office Complex building

目錄

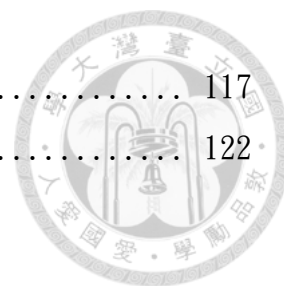


口試委員審定書	i
誌謝	ii
中文摘要	iii
英文摘要	iv
表目錄	x
圖目錄	xi
第一章、緒論	1
第一節、研究動機、課題與目的	1
一、研究動機	1
二、研究課題與目的	2
第二節、研究方法、範圍與限制	3
一、研究方法	3
二、研究範圍	3
第三節、研究架構	5
第四節、名詞解釋	6
一、綠屋頂	6
二、屋突	6
三、科學工業園區	6
四、工業廠房	7
第二章、工業廠房的建築型態與綠屋頂設置之分析	8
第一節、工業廠房的建築型態與特徵分析	8
一、廠房建築類型	8
二、廠房建築特徵	9
第二節、廠房設置綠屋頂的問題及可能效益分析	10
一、工業廠房設置綠屋頂的問題	10
二、對廠房之可能效益	15
第三節、工業廠房設置綠屋頂的可行性綜合分析	18

第三章、	都市綠屋頂政策的推行與德日經驗的啟示	19
第一節、	綠屋頂政策的發展與推行	19
一、	綠屋頂的政策背景、法制架構與推行現況	19
二、	綠屋頂的政策目標、推行策略和歷程	33
三、	配合措施	49
第二節、	德國柏林綠屋頂政策的發展與推行	55
一、	綠屋頂政策發展歷程	55
二、	針對德國綠屋頂推行的調查結果	58
三、	政策成效與經驗教訓	59
第三節、	日本東京綠屋頂政策發展與推行	61
一、	管制策略	64
二、	誘導策略	66
三、	配套措施	67
第四節、	韓國綠屋頂政策發展與推行	69
一、	韓國綠屋頂法規與獎勵措施	70
二、	綠屋頂分類系統	72
第五節、	都市綠屋頂政策先例經驗對工業區廠房推行綠屋頂的啟示 .	74
一、	透過中央部會政策推行，指導地方政府制定相關條例	74
二、	政府具有明確的政策目標和期望達成的環境效益	74
三、	有多樣化的政策工具輔助，而非單一的政策工具	74
第四章、	南科工業廠房設置綠屋頂之成本效益分析	76
第一節、	南科園區案例選擇的背景和理由	76
第二節、	南科園區的發展概述與管理現況	78
一、	南科園區的發展概述	78
二、	規劃目標與構想	81
三、	南科園區的管理現況	84
第三節、	南科工業廠房的建築類型與特徵分析	89
一、	南科工業廠房的產業與建築類型	89

二、	南科工業廠房的建築特徵	92
第四節、	南科工業廠房設置各式綠屋頂之成本效益分析	94
一、	成本效益資料建構	94
二、	淨現值計算	97
第五節、	日後科學園區廠房提升綠建築景觀的具體措施	99
一、	將設置綠屋頂納入科學園區土地使用管制要點	99
二、	鼓勵設置綠能屋頂	99
三、	補助金制度	100
四、	綠建築標章	101
第五章、	工業廠房設置綠屋頂的推行策略探討	102
第一節、	工業廠房設置綠屋頂的種類和範疇	102
第二節、	技術規範與標準	103
一、	最低綠化率	103
二、	屋突載重	103
三、	供水系統	104
四、	介質種類	105
五、	植物材料的使用	106
第三節、	獎勵誘因與配套措施	107
一、	獎勵誘因	107
二、	配套措施	109
第六章、	結論與建議	111
第一節、	結論	111
一、	綠屋頂設置可行性、實施策略與工具	111
二、	廣義綠屋頂	113
三、	綠建築標章的曖昧與相離	114
第二節、	建議與後續研究方向	115
一、	我國推行綠屋頂的建議	115
二、	後續研究方向	116

參考文獻	117
附錄一 訪談內容	122



表目錄



表 1 工業廠房建築分類	8
表 2 屋頂斜度與導流樁距離參考	12
表 3 不作用途之屋頂載重	13
表 4 二氧化碳固定量基準值	28
表 5 生態補償的概念	40
表 6 各城市與地區的綠屋頂政策一覽	44
表 7 納入綠屋頂的開發計劃	50
表 8 地方發展計畫的綠化要求	51
表 9 實際的整建計畫	51
表 10 補償後的計算	52
表 11 Karlsruhe 綠屋頂效益評量系統	53
表 12 1994 年到 2003 年的德國綠屋頂面積	57
表 13 東京逐年綠屋頂增加面積	62
表 14 東京屋頂綠化指導成績	63
表 15 屋頂綠化義務規定	65
表 16 東京都自然保護與回復條例施行規則	66
表 17 南科土地使用分區面積	80
表 18 南科各自建廠房	93
表 19 成本效益計算資訊	96
表 20 三種方案的淨現值計算結果	98
表 21 台南各鄉鎮所屬降雨區及對應降雨量	104
表 22 補助金比例	108

圖目錄



圖 1 研究流程圖	5
圖 2 廠房結構系統示意圖	10
圖 3 廠房內部構造圖	10
圖 4 新莊體育館	12
圖 5 防水層施作	15
圖 6 傳統屋頂（黑線）和綠屋頂（虛線）暴雨洪峰的關係	16
圖 7 成功市場的綠屋頂	20
圖 8 德國綠屋頂政策架構示意圖（本研究繪製）	22
圖 9 德國行政架構示意圖（本研究繪製）	23
圖 10 綠屋頂政策和計畫發展的六個階段	45
圖 11 各城市發展綠屋頂的政策階段	48
圖 12 都市綠地法架構（本研究自行繪製）	64
圖 13 東京綠屋頂政策工具架構（本研究繪製）	錯誤！尚未定義書籤。
圖 14 南科土地使用分區(資料來源：南部科學工業園區網站)	79
圖 15 基地配置圖	82
圖 16 園區大道示意圖	82
圖 17 滯洪池公園示意圖	82
圖 18 園區住宅區示意圖	83
圖 19 南科管理局的組織職掌	87
圖 20 全區配置圖	90
圖 21 標準廠房樓層平面圖	91
圖 22 標準廠房 A.B 廠房全景	91
圖 23 南面戶外管道空間	92
圖 24 機電設備及空調系統說明圖	92
圖 25 連結 A、B 廠房之中庭	92
圖 26 南科管理局屋突空間位置	95



第一章、緒論

第一節、研究動機、課題與目的

一、研究動機

人類社會邁入二十一世紀後，已將氣候變遷此一難題列為本世紀最大的考驗，也因此近年來氣候變遷議題逐漸被廣為討論，各專業領域的專業者們皆開始思考如何因應此迫切難題。然而其全面性的影響人居環境，包含季節的變化、暴雨的來襲等日常生活可以確切感受之改變，此一改變直接的影響建築物內部環境，造成建築耗能的增加以維持適居的室內微氣候，反而消耗更多的能源並排出更多的溫室氣體造成惡性循環，為改善此種狀況，應積極改良建築性能以達到建築節能設計之目標，其中可以改善的第一步就是提升建築外殼性能，讓建物達到可以冬暖夏涼的適居條件。現在社會中已有許多進步的建築節能技術，包含綠屋頂、建材一體化太陽能板、綠牆和隔熱遮陽板等，其中又以綠屋頂具備較多的環境效益且門檻較低，而世界各國早已推行多年，國內市場需求也逐漸開始提升。

台灣關於綠屋頂的研究已有許多領域的前人研究（林寶秀，2010；李京澄，2010；蕭金榜，2010；廖朝軒，2009；石佳玉，2009；陳慶安，2008；石婉瑜，2004），然而針對綠屋頂的論述在質與量上仍須努力，尤其在政策推行及法規制訂的層面。石佳玉（2009）指出台灣尚缺乏良好的政策環境、政策方案以及適當的配套措施與管理辦法，使綠屋頂技術的推行無所適從。該文獻未深入討論台灣推行綠屋頂的技術可行性、產業發展與成本效益，僅就政策環境上的瓶頸指出問題，針對我國推行綠屋頂的架構仍嫌不足，因此筆者認為應針對綠屋頂法制化有更深入的研究討論。

二、 研究課題與目的



綠屋頂作為建築屋頂的綠化措施，其和建築物的類型與使用型態之間的關係密不可分，且建築屋頂會受到建築設計標準與土地使用強度之影響，而有不同的屋頂面積與型態的產生。國內土地使用分區主要以住宅區、商業區和工業區為主，其中工業區長期對周邊環境造成諸多環境負擔，本就應該有足夠的綠化空間來減少空氣汙染和暴雨逕流。除了工業廠房應有綠化空間以避免將環境汙染成本外部化，綠屋頂的設置也可作為廠房節能降溫的手段，因此法制化和策略化的推行綠屋頂有其必要性。然而該從甚麼法規切入、如何制定和修正，以及整體的推行策略該如何擬定為本研究的課題與目的，其應透過論述的方式指認，作為台灣系統性推行綠屋頂的參考。



第二節、 研究方法、範圍與限制

一、 研究方法

本研究之研究方法，採用訪談法與文獻分析法。選擇台南科學工業園區為個案研究之對象，以二手文獻和網路資料蒐集案例背景資料及特性，並佐以訪談的方式進一步了解科管局管理的狀況與可能潛在的瓶頸。資料收集以 Robert K. Y. (2001) 所提出之六種證據來源：文件、檔案紀錄、訪談、直接觀察、參與觀察以及實體的人造物，其中的「文件」、「訪談」和「直接觀察」為主。訪談對象有綠屋頂暨立體綠化協會李 X 田理事長、南科管理局建管組陳 X 環組長。透過公部門科管局，以及私部門與學者所組成的協會的深入訪談，較能較快且精準的了解公部門執行相關計畫的經驗與箇中難題，因此藉著輔助推行策略的制定及了解擬訂策略過程中將會遇到的瓶頸，作為後續討論的基礎。

二、 研究範圍

(一)、 研究項目

綠屋頂的效益會受建築物可施作的屋頂面積及屋突形式的影響，而綠屋頂施作在住宅區、商業區、工業區或機關用地的成效皆有所不同。住商大樓的綠屋頂效益多以提供人們休閒娛樂的公共空間為主。機關用地與工業廠房的屋頂面積都較大，且屋頂形式多以平屋頂為主，與住商大樓比起來更能發揮綠屋頂節能減碳、暴雨管理和生態棲地等效益。

本研究選擇工業廠房作為個案研究的對象，因為工業廠房過去長期製造許多環境汙染並讓這些環境成本外部化，在現今逐漸重視環境保護的社會思潮下，工業區的綠化及園區改善也受到重視，而工業廠房也應有更高的環境設計標準，過

去的工業區綠化多以園區平面綠化為主，而忽略建築綠化的可能性，因此在工業廠房上設置綠屋頂仍有許多可能性值得探討。



(二)、 研究基地選擇

科學園區為科學工業或相關的商業用途而特別劃定的土地使用分區，其與一般工業用地不同之處在於其發展是以整體園區為一開發單元。設有科學園區管理局，為使用者提供統籌設計的廠房、一般公共設施、整體性的服務等，因此公部門可透過科管局從中引導園區發展，有較多的影響力，因此選擇科學園區作為探討公部門系統性推行綠屋頂的基地較為適合。

台灣的科學園區有新竹科學園區、中部科學園區及南部科學園區，本研究選擇南部科學園區的台南園區作為研究基地。因為台灣南北氣候差異大，南部地區天氣炎熱且乾燥，工業廠房多須仰賴空調設備，在南部地區設置綠屋頂有別於北部屋頂花園式的綠屋頂，更強調其隔熱節能的效能，因此探討台南科學園區設置綠屋頂有其重要性及代表性。

第三節、 研究架構

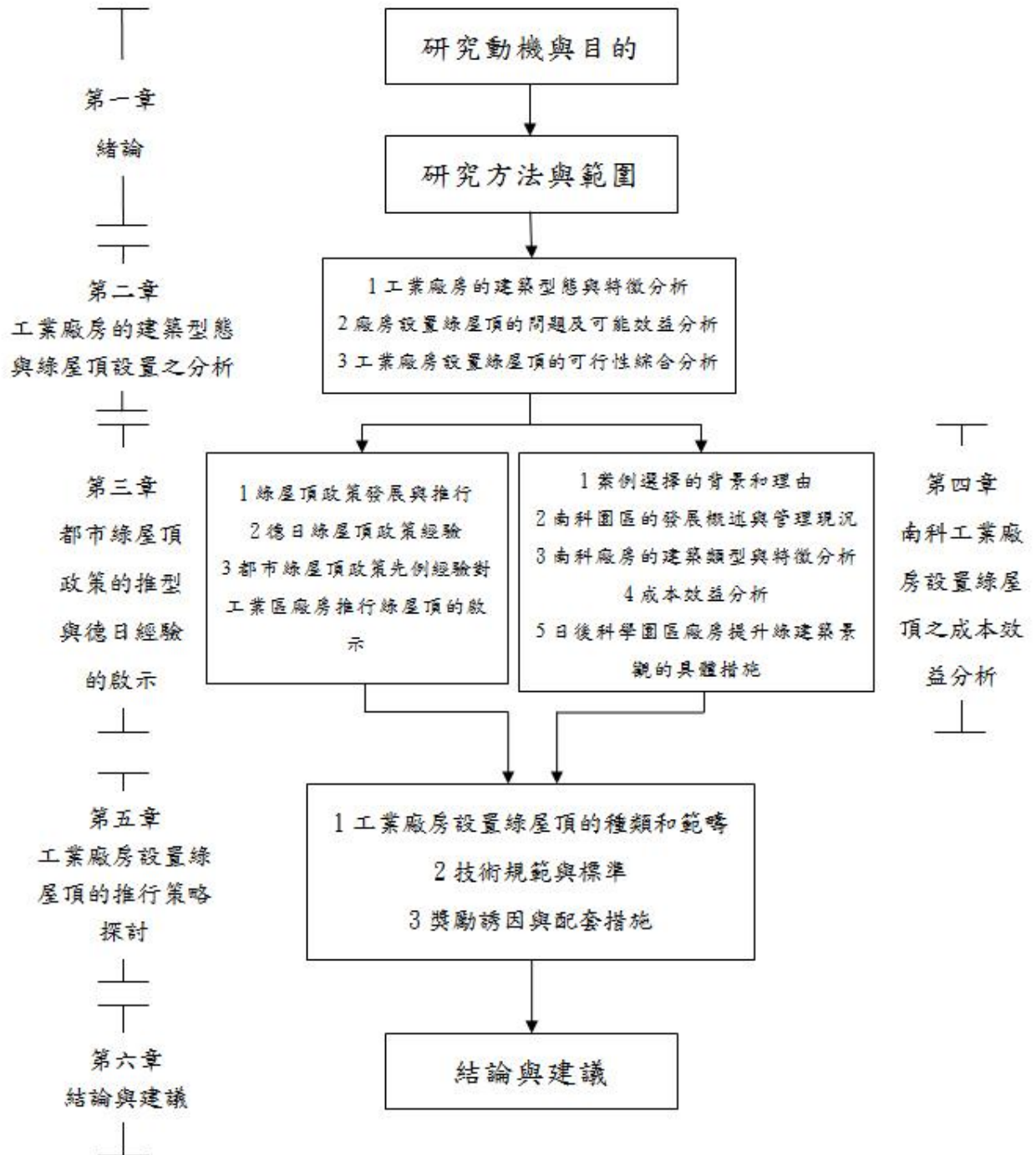


圖 1 研究流程圖



第四節、 名詞解釋

一、 綠屋頂

綠屋頂(green roof)是指建築物的屋頂，部分或全部以植栽與土壤覆蓋，或以生長媒介與植栽覆蓋在屋頂防水層上，形成有系統結構的綠化屋頂，也稱為屋頂綠化或生態屋頂(eco-roof)。綠屋頂經常被用來作為一個總稱，意指建造於結構體上方的永續系統(Weiler and Scholz-Barth, 2009)。其是一種屋頂、露臺或其他結構上方栽培植物或刻意提供給野生生物做為棲地的設施(GRO, 2011)。綠屋頂在常見的平或斜屋頂上，設置部分或全部的構造層，而綠屋頂基本構造包括：植栽層(plant layer)、栽培層(vegetation layer)、排水層(drainage layer)和保護層(protection layer)(Lawlor et al., 2006; Moran et al., 2003)。

二、 屋突

三、 科學工業園區

科學園區為科學工業或相關的商業用途而特別劃定的土地使用分區。其與一般工業用地不同之處在於其發展是以整體園區為一開發單元。通常設有管理部門，為使用者提供統籌設計的廠房、一般公共設施、整體性的服務等，通常位於都市外圍之主要運輸幹道沿線，以解決土地獲得及運輸需求問題。

台灣地區的科學園區係指由行政院國科會主導開發的「新竹科學園區一、二、三期」、「中部科學園區」、「南部科學園區」等處，適用法令為民國 68 年通過之「科

學工業園區管理條例」，於各個園區設置管理局，掌理廠商設廠、通關、設資、營建等事項，管理局直屬行政院國科會而不受地方政府管轄。

科學工業園區也可簡稱為科學園區、科工園區等名字，在本研究中以上兩者皆有使用。

四、工業廠房

工業廠房指的是於工業用地內提供工業生產、使用之建築物，然而本研究以能施作綠屋頂的工業廠房建築為主，不包含環保事業、鋼鐵冶煉、石化煉解廠等以戶外作業為主的廠房。綠建築評估手冊指出廠房因組成部分複雜，主要依照建照將廠房類建築分為作業廠房和廠辦複合兩種類型，其他支援設備設施則不考量在內。

第二章、工業廠房的建築型態與綠屋頂設置之分析

如同緒論所言，欲在工業區推行綠屋頂必須先針對工業廠房的建築型態分析，以找出適合或不適合設置綠屋頂的建築型態，並討論工業廠房設置綠屋頂的可能問題及效益，以進一步的指出廠房設置綠屋頂的可行性。藉由本章分析結果，清楚指出工業廠房設置綠屋頂的可行性，以作為後續政策分析、成本效益分析等研究討論的基礎。

第一節、工業廠房的建築型態與特徵分析

一、廠房建築類型

工業廠房可以泛指所有工業生產活動，包含生技、電子、機械、食品加工等等，其使用項目包羅萬象，然而大抵而言，可以依照作業模式分為室內作業環境與戶外作業環境，室內作業環境包含上述的生技、光電、機體電路、通訊、電腦等目前台灣轉型後的高科技產業，戶外作業環境則包含環保事業、鋼鐵冶煉、石化煉解廠等等。而依照「建築技術規則」建築設計施工編的分類，基本上可以區分為作業廠房和廠辦複合兩種類型。

表 1 工業廠房建築分類

作業廠房	依「建築技術規則」建築設計施工編，第 272 條： 一、辦公室（含守衛室、接待室及會議室）及研究室之合計面積不得超過作業廠房面積五分之一。 二、作業廠房面積在三百平方公尺以上之廠房，得附設單身員工宿舍，其合計面積不得超過作業廠房面積三分之一。 三、員工餐廳（含廚房）及其他相關勞工福利設施之合計面積不得超過作業廠房面積四分之一。 前項附屬空間合計樓地板面積不得超過作業廠房面積之五分之一。
廠辦複合類型	廠房內附屬空間面積超過上述規定者，依建照申請類別規範之。

資料來源：「建築技術規則」建築設計施工編。



以竹科為例，竹科之廠房類型分為標準廠房、公商創業大樓、高層廠房及聯合服務中心，大抵上仍屬於作業廠房和廠辦複合此兩種類型。南科則提供園區事業廠商承租土地並自行建築廠房，或由政府部門興建標準廠房供園區事業廠商承租使用，並於高速公路匝道入口處設置運輸倉儲中心，因此除標準作業廠房與廠辦複合建築外，尚包含運輸倉儲使用。

而陳純森（2002）在「建築結構設計」一書中則清楚指出廠房建築的類型：對於供重型機器設備使用之廠房建築，因為機器重量太重，設備擺設配置不均且必須設置架空吊車，一般之架空吊車其吊重能力約在 10 公噸至 50 公噸之間。廠房以採用單層單跨設計比較多，跨距約在 20 公尺至 35 公尺之間，如面積太大時，則採用多跨連棟式構造，例如金屬冶煉工廠及機械加工工廠等。過去有部分輕型加工廠為了節省廠房用地，也有採用多層建築，如電子加工廠。（頁 1-1）而這邊指的廠房建築，也就是前述的作業廠房，是工業生產的生產空間。

二、 廠房建築特徵

工業生產是藉由機械手段將低價值原料提煉成高附加價值的產品，其過程與結果是極度理性的規則，因應生產線的要求，決定出空間大小、模矩、樓高、荷重物理條件。於科技掛帥的台灣，高科技工業建築也具有傲視群倫以塑立企業形象的訴求，台灣的工業建築就秉持了這些特殊的條件：土地高度利用下的緊湊配置、高度壓縮建廠時程及經費、量體龐大人員眾多、象徵性訴求。¹因此工業廠房的建築特徵在於最大化的使用廠房內部空間。

廠房建築大部分均採用鋼構材料，其系統分為山牆主結構系統、側牆斜稱結構系統、屋面斜稱系統、吊車軌道系統及山牆擋風柱系統等。廠房結構系統及內

¹資料來源：張璠，台灣地區工業區開發之問題與對策

部構造示意圖請參考圖 1 及圖 2。廠房內部吊車負載能力超過 20 公噸時，必須設計如圖 2 所示之吊車專用柱；小於 20 公噸時可以拖架方式設計（陳純森，2002，頁 1-9）。

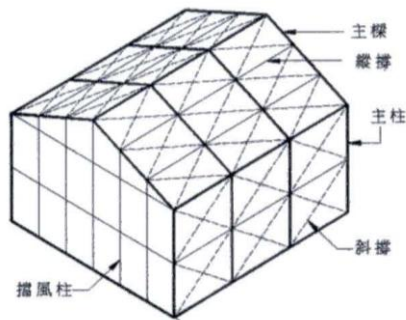


圖 2 廠房結構系統示意圖

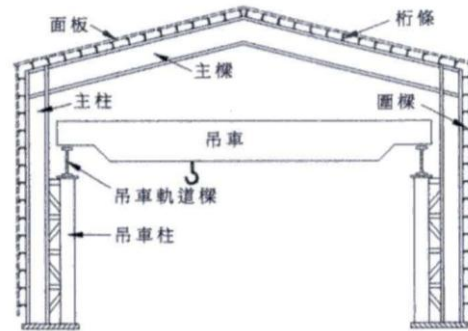


圖 3 廠房內部構造圖

資料來源：引自陳純森（2002）。*建築結構設計*（頁 1-9）。台北：科技圖書

第二節、 廠房設置綠屋頂的問題及可能效益分析

由於工業區廠房為產業的生產空間，建築也多歸類為產業建築，因此過去的工業園區和廠房皆以生產空間為優先考量。然而園區綠化的概念仍停留在公共設施綠帶與隔離綠帶的設置，廠辦建築綠化則尚未有諸多討論。既然現在的立體綠化技術如此進步，更應該深入討論廠房建築設置綠屋頂的可行性，因此本節將分析廠房設置綠屋頂的可能問題及效益。

一、 工業廠房設置綠屋頂的問題

欲在工業廠房屋頂設置綠屋頂，作為人工地盤的屋突空間綠化需知道其使用型態及設施型態，像廠房這樣的產業建築的屋頂空間多為設備安置機能為主的人工地盤，多為大樓出風、排風及各種管線、設備機組的放置空間，並未將景觀規畫納入考量，但注重大樓防水層及隔熱層的施作。由於原始使用目的並未考量景



觀綠化之用，因此難以加入多元化的使用型態。²

工業廠房設置綠屋頂的問題在於廠房類型、屋突類型是否適合，屋頂結構是否可以承擔薄層綠化的載重，屋突空間是否需設置出風、排風口、各種管線或設備機組，廠商的財務計畫是否具備可增加成本的空間，以及設置後的屋頂防水問題。而各種的工廠綠化應依照其規模大小、環境條件與產業別的不同，進行不同的綠化計畫。同樣的，綠屋頂也需評估不同產業別的廠房，是否適合施作綠屋頂。然而綠屋頂可以在各種經適當設計的屋頂上設置，包括鋼質、木質、混凝土、塑膠或複合材料，只需要符合必要的結構要求即可。

(一)、 廠房類型

由於依照不同產業別，工業廠房的建築類型也會有所不同，可以將廠房建築類型可以分成單層廠房、高科技廠辦的高層辦公空間與多層廠房的廠辦複合建築，以及戶外作業廠房。以設置綠屋頂來說，廠房類型主要涉及到屋突類型、屋頂空間的使用，舉例來說，單層廠房來說多以斜屋頂居多；廠辦複合建築則可能有斜、平屋頂共存，平屋頂用以放置機電、冷氣和管線設備等；而戶外作業廠房則多以設備為主，如化工業多為輕油分餾爐等室外作業環境。

(二)、 屋突類型

廠房的屋突類型可簡單分為平屋頂與斜屋頂，依照平屋頂與斜屋頂，綠屋頂工法也會有所不同，即便屋突類型為鐵皮屋頂，只要是具有結構強度之鐵皮屋頂，仍然可以植栽毯的方式設置綠屋頂。斜屋頂和平屋頂兩種設置工法最大的差異在於保水板的有無，保水板可儲蓄水分、增加介質空氣濕度之外，尚可以減緩暴雨來臨時的洪峰流量與延遲洪峰時間。若屋突類型為斜屋頂且有諸多外觀結構的變

²資料來源：吳靜宜，住宅大樓人工地盤綠化的設計思維

化，會增加綠屋頂施作的困難度，相較之下，平屋頂的綠屋頂施作會相對簡單。斜屋頂最大設計特徵在於防止滑落、採取輕量介質、保持水分均勻和迅速排水、防止沖刷需達成立即綠化。因此為避免斜度增加而造成下滑，依照屋頂斜度必須要設置導流樁。唯獨屋頂斜度 5-15 度時不需導流樁，屋頂斜度 15 度以上時則需於固定距離內設置導流樁。國內目前的最佳案例為新莊體育館的大跨距斜屋頂構造。

表 2 屋頂斜度與導流樁距離參考³

屋頂斜度	導流樁距離
10-20 度	8-10 公尺
20-30 度	6-8 公尺
30-40 度	3-6 公尺
40-50 度	0.5-3 公尺



圖 4 新莊體育館

資料來源：<http://sl.djyimg.com/i6/1201090720261849.jpg>

(三)、 屋頂載重

屋頂結構決定屋頂載重的負重量，載重的多寡決定綠屋頂介質的厚度，介質

³資料來源：樹花園網頁，<http://www.treegarden.com.tw/greenroof05.html>

越厚則可使用的植栽種類越豐富。舉例來說斜屋頂的薄層綠化總重量為每平方公尺 100-300 公斤，介質厚度可達 10-30 公分。因此屋頂載重越重，則栽種的植栽種類也會增加，可增加生態性之外，也會增強綠屋頂的暴雨管理能力。依照建築技術規則建築構造編，其載明因應樓地板之用途不同，屋頂露臺之活載重得較室載重每平方公尺減少 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。而不作用途之屋頂，其水平投影面之活載重每平方公尺不得小於下表：

表 3 不作用途之屋頂載重

屋頂	載重面積(水平投影面)：公斤/平方公尺		
	20 以下	20 以上至 60	60 以上
平頂	100	80	60
1/6 以上拱頂			
1/8 以上拱頂			
1/6 至 1/2 以上坡頂	80	70	60
1/8 至 3/8 以上拱頂			
1/2 以上拱頂	60	60	60
3/8 以上拱頂			

參考來源：建築技術規則建築構造編

現在的高科技廠房多為鋼骨鋼筋混凝土結構的高層產業建築，樓地板載重可達每平方公尺 800-1000 公斤，較高於一般廠辦每平方公尺 500 公斤的承載量，且建築採 RC 結構、緊密式箍筋，為抗震能力佳的建築結構。屋突空間則多為結構平屋頂，載重都達 300 公斤/平方公尺以上。

因此我們可以歸納，綠屋頂依照平屋頂和斜屋頂具有不同的施作工法。重要的是屋突結構的載重，綠屋頂只適合設置在經結構設計的屋頂空間，不適合設置在過去傳產的臨時廠房和未經結構設計的鐵皮廠房。而屋頂載重的承載量上限是多少，能提供多少公斤的載重，都牽扯到綠屋頂介質的厚度與植栽種類。且若是屋頂下方需設置吊掛式的起重設備，則需考量起重設備系統的靜載重與活載重。

(四)、屋頂空間的使用



若要在屋頂設置綠屋頂，必須要先確認屋頂空間是否有放置設備機組、出排風口及管線等，由於工業廠房的屋頂可能為配合產業空間的使用而堆放設備，因此設計時需考量屋頂空間的使用狀況與需求，視情況預留空間。而植栽也應避開出排風口，以避免生長不良的狀況。由於這些建築排風口、出風口、管道間出口、水箱箱、消防設備等設施的量體突出於人工地盤，因此設計上會以管線效能為優先考量往往無法顧及環境的整體美觀。而部分設施管線埋設於樓板結構內，考慮日後管線維護的便利，應限制綠化設施的配置空間。⁴

(五)、 屋頂防水

屋頂綠化造成的屋頂漏水一直是綠屋頂最為人詬病、也最讓人擔心的問題，若是綠屋頂的防水沒有處理妥善而造成廠房內部漏水，會影響廠房內部作業環境造成工安危險，甚至造成設備的毀損或汙染無塵環境，因此對廠房環境而言屋頂防水問題更顯嚴重。

綠屋頂的防水之道在於建築屋頂本身的防水層完整，在設置綠屋頂之前塗抹防水底油形成第二層防水，才能有效防止屋頂漏水。在施作完綠屋頂後，綠屋頂則可以反過來保護防水層水泥砂漿避免日曬分解，並穩定屋頂結構溫度，降低熱脹冷縮對防水層的拉扯。現在國內的專業廠商使用塗抹式的防水底油和熱熔式的防水斷根毯居多。

⁴資料來源：吳靜宜，住宅大樓人工地盤綠化的設計思維



圖 5 防水層施作

資料來源：樹花園網頁，<http://www.treegarden.com.tw/greenrooftool-goil.html>

二、 對廠房之可能效益

綠屋頂系統具有許多的效益，在工業廠房上設置可以有效協助廠房達到建築節能與工廠綠化之目的。其可能達成的主要效益包括暴雨管理、減少空調能源使用、提升太陽能光電板效能、對廠商的財務回饋和延長屋頂壽命，其他效益包括提升生物多樣性、降噪、滯塵與固碳。以下將影響廠房的主要效益統整如下（Berndtsson, 2010）：

（一）、 暴雨管理（stormwater management）（Bengtsson et al., 2005; Mentens et al., 2006; VanWoert et al., 2005; Arrowstreet, 2009; GRO, 2011; EPA, 2009）

雨水對於建成環境是豐沛的資源，我們應該善加利用這項資源。透過暴雨管理可以降低都市洪災的風險，並改善都市水平衡。而綠屋頂這提供一個截流雨水並且再利用的最佳選擇，其能有效減緩暴雨造成的逕流速度與洪峰時間，並減少都市排水系統的負擔。所儲蓄起來的雨水尚可當作中水處理，做為生活用水或是屋頂植栽養護的澆灌用水。也因此暴雨貯留是最常被提出來討論的綠屋頂效益之一。

這些暴雨所帶來的雨水，通常會迅速的被排出到附近的水體或下水道系統中（Carter and Rasmussen 2006）。有些具有下水道系統的地區，在遭遇較大的降雨時會因為洪峰時間短暫且流量大，產生合流汙水溢流（Combined Sewer Overflows, CSOs），導致未經處理的汙水排入當地溪流和河流。透過保留大量的雨水，綠屋頂可以預防合流汙水溢流的狀況（Doshi 2006），並降低暴雨的汙染物攜帶能力和洪峰流量，同樣的可以減少洪水與河床侵蝕的問題（Carter and Jackson 2007）。

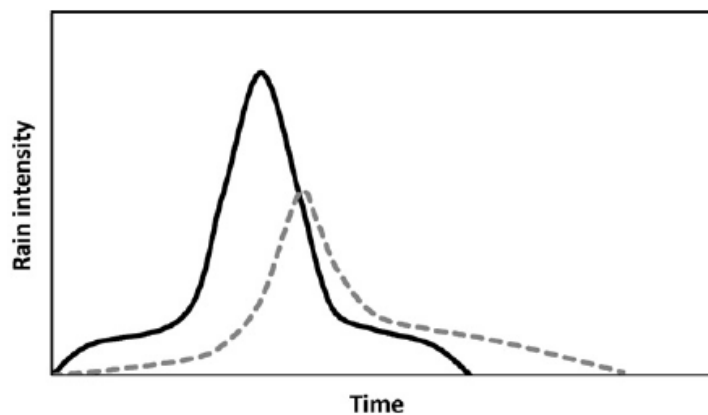


圖 6 傳統屋頂（黑線）和綠屋頂（虛線）暴雨洪峰的關係
資料來源：（Czemiel Berndtsson, 2010）

綠屋頂每年的雨水貯流能力可達到 45%（粗放型綠屋頂，介質 100mm）~75%（密集型綠屋頂，介質 150mm）。雨水貯流能力的多寡則取決於綠屋頂的結構、介質厚度（見圖）、氣候條件以及降雨總量（Jeroen et al., 2006）。

（二）、減少空調能源使用（Fang, 2008; Takebayashi and Moriyama, 2007; Wong et al., 2003; Wong et al., 2007; Arrowstreet, 2009; Lawlor et al., 2006; GRO, 2011）

綠屋頂可以減少建築能源的需求，因為綠屋頂的隔熱效果可以減少夏季紫外線的穿透和空調的使用。雖然綠屋頂在台灣的冬季可能不具有顯著的保溫效果，但是在歐美等高緯度國家，綠屋頂在冬季時也被作為是隔熱保溫的屏障，可以保護生長介質在長時間下不會結凍（Liu and Baskaran 2003）。在夏季時，則可以減少能源消耗。這些保存下來的能源，其實是靠著植物和介質的蒸發散作用帶走熱

能，進而從空調的使用中被節省下來（Wong and others 2003a）。

許多研究從不同的程度討論綠屋頂的節能效益。2003年，Liu和Baskaran為National Research Council Canada所做的研究指出，綠屋頂減少75%的空調能源需求。該研究基地是一個800平方英尺的測試裝置，用來模擬一個緩坡的工業區屋頂。此外，賓州大學綠屋頂研究中心的研究則指出，綠屋頂的節能效益約為10%。綠屋頂開發商手冊（Green Roof Developer's Guide）則指出設置綠屋頂的建築物，夏天可以減少25%，冬天可以減少15%的能源消費。

（三）、 提升太陽能光電板效能

由於南台灣日照充足且太陽光電產業發展，經濟部能源局積極推動太陽能產業的發展，並鼓勵南台灣設置太陽能屋頂，而台南科學園區也正積極推動太陽能光電板。而綠屋頂穩定屋頂微氣候的特性，間接的可以提升太陽能光電板的效能。Gregg、Parker和Swenson（2007）的研究發現，當溫度超過25°C時每增加1°C，太陽能光電板的效能則下降0.5%，因此當夏季高溫讓屋頂溫度上升到60°C時，太陽能光電板效能將下降17.5%，並影響投資回收期 and 太陽能光電板的經濟效益。太陽能光電板的推行，讓綠屋頂所能提供廠房的效益也因此增加。

（四）、 延長屋頂壽命

綠屋頂系統保護建築本身的防水薄膜不會受到紫外線和溫度變動的影響而受損，也因此得以使建築屋頂系統的壽命延長。根據 Athena Institute 指出，有計畫的綠屋頂系統的壽命平均為 39 年，或約略為傳統屋頂壽命的兩倍長，傳統屋頂系統的壽命約為 15 至 20 年（Arrowstreet, 2009）。

第三節、工業廠房設置綠屋頂的可行性綜合分析



綜觀來看，綠屋頂可以提升工業廠房的效益有暴雨管理、減少空調能源使用、提升太陽能光電板效能和延長屋頂壽命。對於工業廠房來說，這些效益可以提升建築節能的能力、增加工業區綠化並減緩工業廠房對周邊環境的衝擊。因此就工業區綠化、生態園區營造與都市設計的角度而言，工業廠房綠化有具有實質的可行性。

工業廠房是否可以設置綠屋頂的決定性因素有廠房類型、屋突類型和屋頂載重。其中廠房類型和屋突類型息息相關，如今台灣產業類型轉變，逐漸轉向所謂的高科技產業，以積體電路、通訊、光電、精密機械和生技產業為主，廠房類型也以廠辦複合為主，老舊且缺乏結構設計的廠房也逐漸被消失，因此在設置綠屋頂上的先決條件都已相當穩定，無論是斜屋頂或平屋頂都可以設置，載重也為了工業生產需求而經過結構設計。

我們知道綠屋頂對於工業廠房有正面效益，然而對工業廠房設置綠屋頂的可行性而言，屋突的載重和屋頂空間的使用才是可行與否的決定性因素。綠屋頂在屋突空間上設置防水層、介質層和植物材料，每單位面積會依照介質的厚度而有不同的載重，越厚的介質厚度可以提供植物材料更好生長環境，相對的屋頂的活載重必須可以承受更高的重量。我們知道一般廠辦每平方公尺可以承重500公斤，高科技廠房則可以載重到800-1000公斤，尤其是屋頂空間必須要貯放機電設備，因此設置綠屋頂的載重不會是問題。

第三章、都市綠屋頂政策的推行與德日經驗的啟示

本章整理現行各國推行綠屋頂政策的發展與推動方式，統整各城市尺度的相關法規與政策推行內容，並透過回顧日本東京都、德國柏林和韓國首爾三個城市的綠屋頂發展經驗得知先進城市推行綠屋頂的成功因素，並作為後續個案分析討論南科綠屋頂推行機制的參考架構。

日本東京的相關文獻資料參考自財團法人台北市錫瑠環境綠化基金會相關研究發表，許榮輝（2010年）、涂智益（2007年）、上澤美鈴等人（2007年）與平山豪等人（2003年）之發表論文，以及東京都環境局網站所公布的屋頂綠化成績與相關法規，其中以錫瑠環境綠化基金會、涂智益和許榮輝等人的資料整理較為詳盡。德國柏林的文獻回顧若有未註明引用出處的段落皆參考改寫自Lawlor等人（2006）、Ngan（2004），其中由Lawlor等人所撰寫的< GREEN ROOFS: A Resource Manual for Municipal Policy Makers.>和Ngan所撰寫的< Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design.>兩本加拿大綠屋頂專書針對各國的政策發展歷程有詳細的介紹與整理。韓國首爾的文獻資料引用自趙紅霞與姜太昊（2013年）。

第一節、綠屋頂政策的發展與推行

一、綠屋頂的政策背景、法制架構與推行現況

(一)、政策背景

綠屋頂政策的意義在於最大化綠屋頂的公共效益以達到綠化、環境品質提升等目標，然而世界上許多城市的綠屋頂仍缺乏有計畫的推行。以加拿大為例，在大溫哥華地區就登記有605個綠屋頂，然而此項調查對綠屋頂的定義非常廣義，簡易種植在屋頂和遮板上的植栽也被列入綠屋頂的計算中；其中只有30個是粗放型

或半密集型的綠屋頂 (Davis, 2002)。在志願設置的原則下只有直接財務獎勵才能吸引業主和開發商設置綠屋頂，已經有部分加拿大城市開始積極推廣綠屋頂，並開始執行獎勵方案和配套措施。由於這樣的公共利益不應該透過提供零星的私有財務獎勵推行，在較大的連續性區域施作綠屋頂才能帶給公眾較大的效益及較顯著的效果，譬如台北的成功市場。因此對於各級政府單位來說，如何修改現行政策、引進新政策並鼓勵綠屋頂的推行才是重要的工作。



圖 7 成功市場的綠屋頂

資料來源：<http://taipeiexpo2010.pixnet.net/blog/post/29432389>

加拿大的綠屋頂實踐已趨向財務補助的方式。加拿大自然資源部 (Natural Resources Canada) 開始實施一系列的綠屋頂財務補助，藉此改善商業大樓和公共機構的建築節能效率。同時，綠屋頂也可用來獲得綠建築評價系統 (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) 認證的點數，如此可以鼓勵開發商積極去獲得綠建築認證。德國能迅速推動綠屋頂要歸功於立法，畢竟只靠業主與開發商的努力是不夠的，因為綠屋頂必須要被執政當局納入政策中才能有效推行 (Landskron, 1998)。

(二)、 法制架構



綠屋頂的推動須透過法規賦予其法律效力，故在討論綠屋頂政策之前，必須先了解一地區或國家的法制架構。然而，各個地區和國家依據不同的歷史背景與文化脈絡有不同的法律架構。全世界目前主要可以區分為兩種法系，歐陸法系（又稱大陸法系）與英美法系（又稱海洋法系）。歐陸法系的特色是成文法與職業法官制度，主要國家有德、日、法、奧以及我國；英美法系主要由英美兩國所發展而來，特色是不成文法、陪審團制度，主要國家有英、美、澳和加拿大。

本研究討論綠屋頂推行需從土地使用分區管制切入，其乃是政府由上而下制訂之管制措施，專業廠商在積極拓展市場的同時尚需政府明確的訂定相關規範以鼓勵市場發展，因此國外的法制架構與土管規則可作為後續討論之借鏡，藉此重新檢討綠屋頂的意涵並非只是屋突空間的綠化而是都市空間的延伸與開放空間的投射。

由於土地使用分區管制並非為案例累積而成的法規條例，因此仍須透過由上而下的角度進一步討論。文獻回顧也應從同樣法制架構的大陸法系國家著手。因此，本次節之法制架構文獻回顧將以德國的法規架構做為討論對象，進一步回顧台灣現行法制架構。本段落德國法制架構引用自Goya Ngan所著作的<Green Roof Policies>（2004），該書中針對綠屋頂政策與德國的法規架構有詳盡的內容。

1. 德國法制架構

德國綠屋頂文獻多引用上位法律作為參考，尤其聯邦法規是綠屋頂政策在德國得以普及並順利推行的關鍵因素。儘管這些法規不一定適用於其他國家的狀況，但是這樣的法規架構提供修訂法規的思考方向。從全球化的角度來看，1992年聯合國地球高峰會（Rio Earth Summit）在里約熱內盧舉行，並且通過“地方21世紀議程”。這項政策方案在歐洲當地實施可持續性的發展計畫且非常普及。歐盟也發佈

相關行政命令，諸如植物-動物-棲地（The Flora-Fauna-Habitat Directive）、鳥類保護指令（The Bird Protection Directive）和水資源治理架構（The Water Framework Directive）等計劃。由於這些計劃都與城鄉生態或水資源點源污染息息相關，也因此間接促使德國聯邦制訂綠屋頂政策。德國陸續有16個聯邦州政府和下屬機構開始訂定具體的綠屋頂法規。德國的綠屋頂法規是從聯邦法規由上而下的裙帶效應，讓地方政府有訂定法規的依據，讓綠屋頂業者有法規得以依循，促成綠屋頂產業的發展。

以下詳列了一些重要的德國聯邦法規，這些法規構成德國綠屋頂政策的架構。這些法規包括聯邦建築法（Federal Building Code）、聯邦自然保護法（Federal Nature Conservation Act）、環境影響評估法（Environmental Impacts Assessment Act）、土地使用管制規則（Land-Use Regulation）和污水費法（Wastewater Charges Act）。

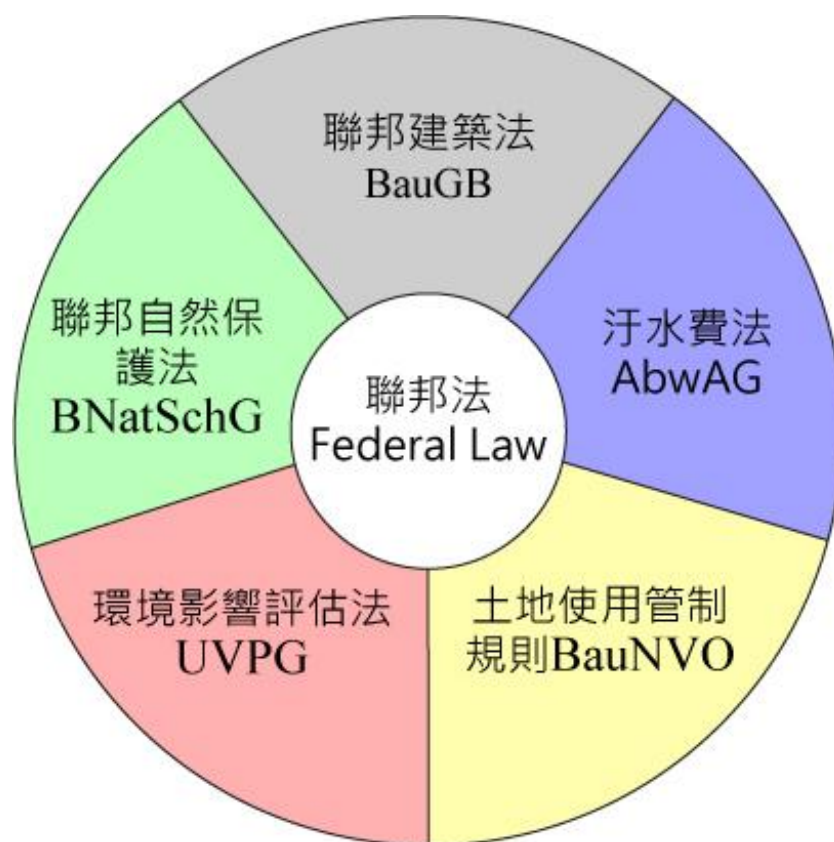


圖 8 德國綠屋頂政策架構示意圖（本研究繪製）

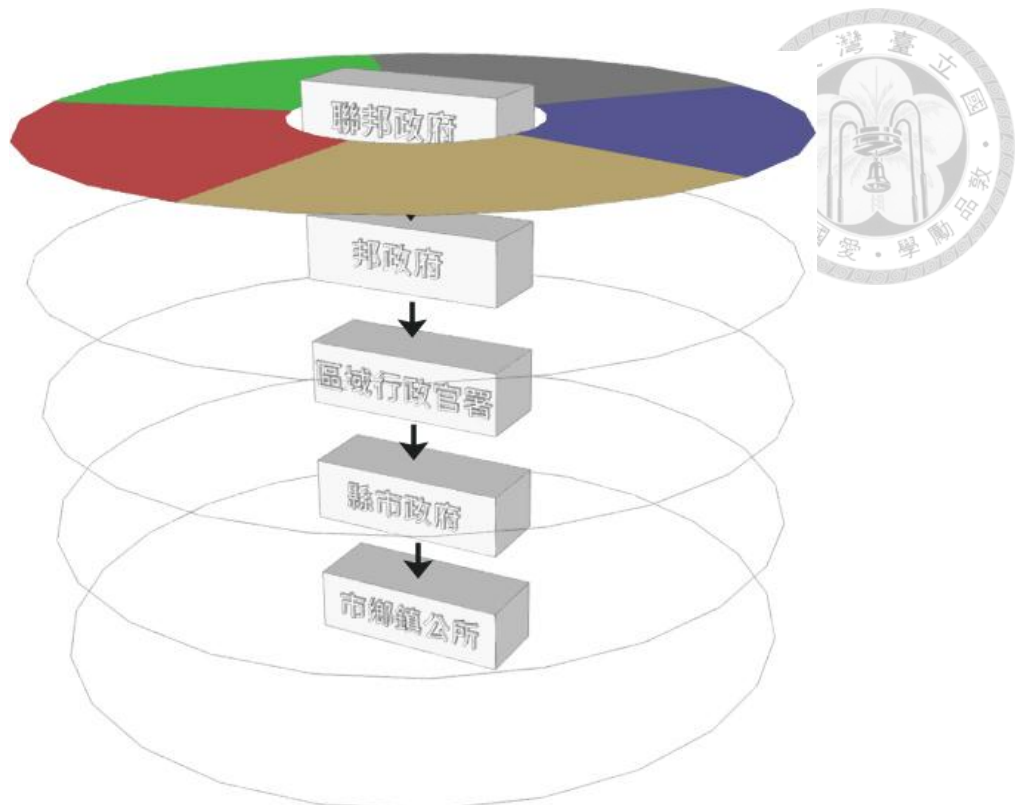


圖 9 德國行政架構示意圖（本研究繪製）

聯邦建築法 BauGB⁵

1998年，德國聯邦建築法因應1992年的”地方21世紀議程”修改相關條文。其中 *BauGB*§1 (5) 指出，土地使用計畫應當保障可持續性的城市發展和土地使用的社會公平，其中原先的”有序”(well-ordered) 一詞更改為”可持續性”(sustainable)，暗示現行法制與政策必須要對未來的世代負責，相關的環境政策與綠色政策也開始更加受到重視。受到聯邦建築法對環境營造的態度轉向積極正向的影響，一併促使地方自治條例的調整，而聯邦建築法內文則指示地方政府須自行修正建築法

⁵德國法規的縮寫順序依序為條款科，§代表條，括號表示款，科則不用括號表示，例如：*BauGB*§1 (5)7，也就是聯邦建築法的第一條第五款第七科。德國聯邦法律的英文版可以從”German Law in English Language”的網站中查閱（Dannemann, 2004）。德國的專有名詞中，*Bauleitplan* 代表土地使用計畫，是常用的術語，文書時則會使用 *Flächennutzungsplan* 和 *Bebauungsplan* 這兩個字，也等同於發展計畫（development plan）。



或建管條例並維持聯邦建築法之目標與架構。水資源保護是其中最重要的目標，聯邦建築法明確指出為增加暴雨滲透的能力，必須要最小化建成區域的不透水鋪面面積並針對暴雨源頭做有效控管。因此聯邦建築法規定每一個開發案都必須符合干預規則與生態補償措施，讓開發造成的環境破壞降至最低並維持綠地面積。其中*BauG*§9 (1) 指出允許“以其他綠化形式補償”並”允許部分物理結構”，意味著綠屋頂也可納入土地使用計畫的生態補償範疇。同時法規補述特殊的高密度發展區可以排除在干預規則外，以維持高密度發展區的開發彈性。

聯邦自然保護法 *BNatSchG*

聯邦自然保護法的立法目的是為妥善保護自然與景觀，無論是在居住區或非居住區皆須達成以下四項目的：第一，維持自然平衡的有效性；第二，保護自然資源的可開發性；第三，保護動植物；第四，保障自然和景觀的種類、特殊性和美貌。因此不僅是無人居的自然環境，建成地區也必須要滿足保護自然環境之目的，遂依照補償原則訂定干預規則，藉此滿足自然平衡的有效性及綠地面積，制訂的主要依據是依照聯邦自然保護法的第八條 (*BNatSchG*§8) 和聯邦建築法的第一條 (*BauG*§1a) 內容。也因為干預規則的制訂，提供綠屋頂政策發展空間，也是開發計劃滿足干預規則的低成本方案。

土地使用管制規則 *BauNVO*

土地使用管制規定建築的使用類型、大小和位置、建蔽率及容積率，是實際關聯到綠屋頂施作面積的規劃工具，也可以說是最重要、直接的推行工具。透過土地使用管制規則可以清楚的要求不同的土地使用分區所需設置綠屋頂的面積和標準，而詳細的內容則由地方政府自行制訂，譬如說介質厚度、植栽種類與設置

面積等。



污水費法 AbwAG

污水費法是依照污染者付費原則所制訂的法規，目標在於控管暴雨源頭的污水量以減少城市污水處理系統的負擔，並進一步改善水質、減少洪患，該稅收用作成立污水（或是暴雨）基金。這些基金可用於改善水質、保護與改善環境，或是進一步作為設置源頭控管的補助金。因此，污水處理（或暴雨處理）的源頭管制使綠屋頂有發揮的空間也滿足污染者付費的原則，並讓這些法規徵收的稅收重新使用在建成環境的改善上，譬如說綠屋頂的補助金。而詳細的稅收標準，仍由地方政府自行訂定。

綠屋頂政策的推動需要法規的支持，才能在推行的同時達成預期效益與目標，並讓綠屋頂的設置有依據的標準。德國的綠屋頂政策得以普及，有賴於法規開放綠屋頂作為干預規則的補償措施。其中聯邦自然保護法詳訂干預規則的主要目標與原則；聯邦建築法開放綠屋頂做為生態補償的措施；土地使用管制規定各使用分區設置綠屋頂的標準；污水費法有效結合綠屋頂與城市暴雨管理，妥善運用稅收作為循環基金；環境影響評估則將綠屋頂納入評估項目之中，拓展基地開發的可能性。由此可知，德國的綠屋頂政策架構非常明確，透過中央法規由上而下的政策發展模式給予未來台灣發展綠屋頂政策一個明確的範例。為了解台灣推行綠屋頂的現況，以下統整台灣相關法制架構。

2. 台灣法制架構

我國目前尚未有明確的綠屋頂政策，法規層面也尚未詳實規定。綠屋頂設置

屬於建築屋突皮層工程，故法制架構應從建築管理、土地使用的角度著手探討。本段落將統整土地使用分區管制與建築技術規則的內容，從中指出今後綠屋頂推行將遭遇到的困境和推行的著力點。



土地使用分區管制

土地使用分區管制是施行都市計畫最常見的工具，台灣現行的土地使用分區管制有三者，分別為都市計畫法臺灣省施行細則、臺北市土地使用分區管制規則與高雄市土地使用分區管制規則。民國72年，高雄市與台北市相繼公布各自之土地使用分區管制規則，台灣省都市計畫施行細則一直到民國89年才公布實施。除台北市和高雄市各自有其地方自治的土地使用管制辦法外，其餘台灣之都市計畫土地皆需依照台灣省土地使用分區管制規則。

戰後早期為配合經濟發展所研修的都市計畫法草案，是為引自歐美福利國家的都市管理及開發體制，但是在修法過程中被刪去財源。在缺乏經費又無開發手段的狀態下，台灣早期的都市計畫從發展計畫淪為管制計畫，也使都市計畫的推行始終受到民間開發力量的影響，甚至成為主導（張景森，1993：75-76）。這些民間開發力量多來自於地主與土地投機者，也因此早年的市地（都市計畫土地）多受到投機者所壟斷，並且在不斷的炒作與地價哄抬的循環中，逐漸形成並發展為現在的都市。

當時土地使用分區管制無法做為有效推行都市計畫的工具，這一點從工業區開放倉儲批發業和乙工住宅即可看出都市計畫受到民間開發與社會變遷力量的影響，迫使政府不得不將法規鬆綁的最佳案例（陳家宇，2008）。當工業區開始不斷的出現集合住宅，相對降低周邊地區的公共設施服務品質，甚至有缺乏的現象產生，這些都是當時土地使用分區管制訂定所始料未及的。如同張景森在〈台灣的都市計畫〉（1993）一文中所言，極為適合用來描述現有之土地使用分區管制，他說

「這種分區制度是土地使用控制而不是土地使用計畫...」。

都市計畫一經決定，即可施行其所規定之相關限制，這樣仍然只是一種管制計畫的藍圖，唯有都市計畫事業的執行，才能積極提供所需之都市服務，促進都市生活品質。這些都市計畫事業也就是公共空間的塑造，包括道路、廣場、公園、學校、市場及醫院等。都市計畫事業涉及民眾利益的福祉，因此，都市計畫定案後要隨即決定建設事業之建設者，並負擔實際行動之義務(張景森, 2008: 20-21)。綠屋頂的空間使用可區分為私人(私人住宅和企業等)空間、公共空間(學校、市場和政府機關等)與半公共空間(商場、購物中心、百貨公司)。換句話說，綠屋頂應該被視為一種都市計畫事業或公共設施，提供都市服務並提高都市生活品質。

建築技術規則

綠屋頂是建築屋突的綠化工程，必須要符合建築規則的屋突規定。可做為綠屋頂的地方有兩者，屋頂和露臺。兩者對使用者有不同的需求，所需要提供的功能也不同，因此這些功能也應該在建築技術規則中詳加規範。

在建築技術規則中建築設計施工編第一條第十款第五目中所規定的項目，有明確的提到屋頂綠化，其指出「突出屋面之三分之一以上透空遮牆、三分之二以上透空立體構架供景觀造型、屋頂綠化等公益及綠建築設施，其投影面積不計入第九款第一目屋頂突出物水平投影面積之和。但本目與第一目及第六目之屋頂突出物水平投影面積之和，以不超過建築面積百分之三十為限。」如此一來，做為屋頂綠化和景觀造型的立體構架，和樓梯間、升降機間、無線電塔及機械房及其他經中央主管建築機關認可的屋頂突出物的總投影面積之合，不得超過百分之三十。

然而在第十七章的綠建築基準的建築基地綠化中有詳細規定建築基地綠化的

標準「...應符合其直轄市、縣（市）主管建築機關之綠化相關規定外，其綠化總二氧化碳固定量應大於二分之一最小綠化面積與下表二氧化碳固定量基準值之乘積。」因此，未來在討論基地綠化量時，便可以考慮此部分所提供的綠化量指標，並藉由換算過後獲得一個更明確的基地綠化面積百分比。

表 4 二氧化碳固定量基準值

使用分區或用地	二氧化碳固定量基準值（公斤/平方公尺）
學校用地	五百
商業區、工業區	三百
前二類以外之建築基地	四百

來源：建築技術規則建築設計施工編

綜觀建築技術規則後，可以明確的發現其中並沒有針對屋頂綠化訂定詳細規則，如植栽高度、載重和最小施作面積等。如此一來，有意願施作屋頂綠化的企業或個人將難以遵循，只能倚靠具有相關經驗的專業團隊。雖然1994年台北市訂定「台北市建築物暨空地綠化實施要點」，並指出『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四分之一以上...』。但是也僅止於設置面積的要求，並未詳述具指導性的準則，再者此規定只限於台北市，也並未施行到全台灣通用的法規上。

未來若要推行綠屋頂，勢必要從土地使用分區管制與建築技術規則中，詳加訂定相關的規定，從簡單的回顧中，可以發現過去台灣並不重視綠屋頂的設置，未有相關法規積極推動綠屋頂。因此缺乏法規的正向支持成為現今綠屋頂推行的最大阻力。



(三)、 推行現況

本段落整理台北市、新北市與高雄市之推行現況引述自〈綠屋頂技術手冊〉（蔡厚男，2013）一書。

1. 台北市

1978 年，台北市推廣屋頂花園，其規定建築平屋頂必須提供屋頂花園讓住戶休閒之用，綠化面積須達屋頂之三分之一。但因專業經驗不足、制度設計不夠周全，導致政策無法持續。「台北市建築物屋頂美化實施方案」遂於民國 91 年廢止。1994 年訂定「台北市建築物暨空地綠化實施要點」，規定『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四分之一以上...』。

1999 年，內政部建築研究所委請中華建築中心，正式公告受理「綠建築標章」之申請，其包含七大指標評估系統，經審查通過者，即可頒發指標並評定為綠建築。綠屋頂包含於綠化量評估、綠化指標中，將固碳效果視為綠化量評估之基準。2000 年以來，台北市陸續制定都市綠化政策與專案計畫，卻仍不脫過去市容景觀美化的思維。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 年底台北市都發局提出「台北好好看系列計畫」，透過老舊建築立面修繕、校園圍牆綠籬化等補助方案，期望能鼓勵公私有土地與建築全面景觀美化。2008 年 8 月，為配合及宣傳 2010 台北花博，推出「臺北城市花園推動計畫」，計畫範圍在花博會重點區的中山、大同與士林三區推動綠化或空間綠化的改造，逐

步推廣到全市景觀綠化改善，主要配套措施包含：綠化改造說明、建立綠化示範點、綠化改造輔導、綠化競賽獎勵等。針對五大類型（社區、商圈、學校、市場與辦公大樓）的空地、陽台、牆面和屋頂執行綠化改造。計畫相關措施從公部門開始執行並受理民間綠化改造輔導申請。初期補助經費來自 2008 年的擴大內需經費作為計畫經費來源，往後則使用市府編列的預算。

2. 新北市

2009 年，改制前的台北縣政府為推動民眾主動設置綠屋頂，於建築物屋頂裝置太陽光電發電系統及屋頂綠化者，將給予適度容量的容積獎勵。依照「臺北縣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% 以上之案件可獲得容積獎勵，最高達法定容積的百分之五為上限。

改制後的新北市於 2011 年起，規定新建案面積只要超過 5 千平方公尺，於送件申請建照時都需在屋頂設置綠能相關設備，例如綠屋頂或太陽能相關之省能設備，並擬推動綠能屋頂示範計畫。當時的台北縣政府提出「臺北縣綠能屋頂設置獎勵辦法草案」，其中第四條指出：本辦法所稱綠能屋頂包含綠植物屋頂和太陽光電屋頂，其定義及部分內容如下：

綠植物屋頂：只有植物覆蓋之屋頂，包括庭園式之空中花園、盆栽式之簡易屋頂花園及薄層式綠屋頂等。

太陽光電屋頂：指設置太陽光電發電系統之建築物屋頂。

其獎勵辦法如下：

綠植物屋頂每案獎勵二分之一設置費用，示範地區得獎勵四分之三。

太陽光電屋頂每峰瓦設置成本以新台幣二十萬元計，每案獎勵二分之一設置

費用。示範地區得獎勵四分之三。

已依法予以容積獎勵或免計容積或依法應設置者不適用本獎勵辦法。

然而該草案至今仍然未通過。後續新北市城鄉發展局推動綠能屋頂示範計畫，舉辦綠能屋頂學術論壇以及一系列競圖與示範點遴選活動，並修正「新北市都市更新建築容積獎勵核算基準」，允許建築物之牆面、露台或屋頂層綠覆率達百分之五十以上者，依下列公式計算獎勵容積，並以法定容積百分之五為上限，其中綠覆率算法如下：

露台或屋頂層綠化率：綠覆面積／（露台或屋頂層總表面積－屋突面積－機電設備設施面積）×100 %

$$A2 = \frac{B1 \times 1.2}{(C1 - C2 - C3)}$$

A2：立體綠化之獎勵容積（≤法定容積百分之五）

B1：立體綠化所需經費

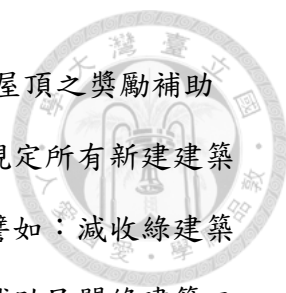
C1：二樓以上更新後平均單價

C2：單位興建成本

C3：單位管銷費用

3. 高雄市

高雄市從 2011 年訂定綠屋頂 10 年推廣計畫，主要透過於 2012 年 7 月開始施行的「高雄市綠建築自治條例」，管制都市設計審議地區(主要為都市熱島效應嚴



重之市中心建築基地)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。其適用於第一類至第五類建築物，規定所有新建建築物必須設置屋頂綠化等項目，同時訂有相關的獎勵補助措施。譬如：減收綠建築申請建照規費、獎勵建築物設置深陽台及立體綠化、編列預算補助民間綠建築工程、綠建築相關設施免申請雜項執照等，提高民間設置綠建築之意願。其中第十條屋頂綠化設施之設置規定如下：

一、面積應達屋頂層可綠化面積二分之一以上。但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五分之四以上。

二、屋頂綠化應附設給水設備，以供植栽澆灌使用，並庭、考量植栽位置及排水、防水設計。前項第一款所稱屋頂綠化設施面積，指屋頂綠化設施之投影面積；所稱屋頂層可綠化面積，指屋頂層面積扣除屋頂突出物、雜項工作物、太陽光電發電設施及屋頂透空框架投影等面積後所占之面積。

綜觀目前的綠屋頂示範計畫皆是地方政府推動的相關計畫居多，地方政府多為第一線的執行者，而中央部會扮演支持、贊助的角色，提供經費和制訂大方向的政策。目前各地方政府透過地方自治條例推行綠屋頂，但仍缺乏明確的綠屋頂政策目標，所要達成的環境效益並不清楚；政策缺乏全面性與彈性，僅透過強制綠化和容積獎勵等工具。中央部會的政策目標是要降低空汙、達到減碳和建築節能，並透過綠建築獎勵和經費補助的方式鼓勵綠屋頂的設置，間接協助綠屋頂市場。



二、綠屋頂的政策目標、推行策略和歷程

如同前面的文獻回顧所言，綠屋頂政策的背後意識為城市環境品質的改善與提升，綠屋頂政策目標的設定也將會影響未來政策的發展走向。因此本小節的內容將探討過去各城市與國家經驗所制訂的綠屋頂政策目標、推行策略，以及所發展的歷程。

(一)、綠屋頂政策目標

綠屋頂的政策目標指的是一個目標區域內（通常是一個城市），所期望達成的總體環境效益。因此有些城市或區域透過法規的限制，規定新的土地開發案必須提出一套嚴格的环境管制計畫，而這些環境管制都是建立在暴雨管理、環境生態或是節能減碳的目標之上。北美的部分州政府已經擬訂暴雨管理手冊，確認新開發計畫的暴雨管理規範。綠屋頂通常是具體的最佳管理措施（Best Management Practice, BMP）之一，賓州、紐澤西和北卡羅來納州也已將綠屋頂列入BMP。

美國聯邦環境保護局（EPA）在2009年出版的<Green Roofs for Stormwater Runoff Control>中，提出了針對綠屋頂暴雨管理的相關內容與實驗數據，其中包含了監測綠屋頂所排放的暴雨逕流量、水質、綠屋頂蒸散與蒸發散量，以及影響綠屋頂建置與維管的因子。EPA所提出的綠屋頂計畫，著重於暴雨管理的層面上，強調從環境保護的角度出發，透過廣大的綠屋頂來改善暴雨及點源污染的問題。從此可以看出，EPA將綠屋頂的政策目標清楚的定位在暴雨管理的能力上，政策的發展也從暴雨稅與建築不透水面積等方向出發，進一步的塑造現在的美國綠屋頂政策（NRMRL, 2009）。

位在美國西岸的波特蘭市的政策目標則較不同，其政策目標是要透過綠屋頂的容積獎勵（FAR）工具，期望能為城市帶來額外的發展潛力。也因此，綠屋頂也



成為了波特蘭進行都市更新、再發展和改善都市環境的重要工具之一。然而，在東岸的紐約市則有著完全不一樣的政策目標。從紐約設計與施工局（Department of Design and Construction, DDC）可持續設計部（Office of Sustainable Design, OSD）所出版的屋頂降溫與綠化手冊<COOL & GREEN ROOFING MANUAL>中，及可以明確的知道紐約的綠屋頂政策目標。其將屋頂設計與施工區分為兩類型的屋頂，一為降溫屋頂（cool roof），另一為綠屋頂（green roof），其主要的目標是期望透過屋頂工程，來減少建築物對熱能的吸收並進一步降低能源的消耗，最終達到減緩都市熱島效應之目標。

在加拿大的多倫多，該市綠屋頂的政策目標則是期望利用綠屋頂來提升城市與周邊環境的生物多樣性。也因此，在多倫多也多以Eco-roof（生態屋頂）來稱呼，而不是單純的使用Green Roof的字眼。在2010年的<Using Green Roofs to enhance Biodiversity in the city of Toronto>報告中，進一步指出優先推行綠屋頂的地區應位於綠地周遭，這些綠地包括了河川、公園、重要的生態廊道及安大略湖周邊地區。並且詳加規定這些地區所栽種之植栽必須為當地的原生種，以提供此處的物種更豐富與廣大的棲地。而其他地區施作綠屋頂，也要求植栽計畫必須經過審核，諸如：若是使用外來種植栽，必須為不會影響當地生態的非入侵種植栽。因此，多倫多在訂定相關法規時，則將生態多樣性的條件納入相關規則與審核過程中，作為綠屋頂施作的必要性條件之一。

在歐洲，德國的北萊茵威斯特伐利亞邦（North Rhine Westphalia）藉著「生態與永續水管理行動」(Initiative for Ecological and Sustainable Water Management)中，以改善水質為綠屋頂政策的主要目標，藉著直接控制暴雨的源頭，減少下水道系統和污水處理設施的負荷。在柏林的內城區Potsdamer Platz，過去10年來一直受到政府的忽略，暴雨管理問題嚴重。因此，柏林市議會通過一項命令，要求該區域內99%的暴雨都要受到管理（Kohler and Keeley, 2005）。且多數的都市區域缺乏綠

色空間和生物多樣性，必須策略性地將都市的實質建設和綠色空間整合。德國柏林和瑞典的Malmo也開始使用「生境面積因子」(Biotope Area Factor, BAF)的計算模式，嘗試將這些綠色空間介入城市之中，並跟綠屋頂結合 (Carter and Fowler, 2008)。

透過上述的文獻回顧，顯而易見的，各個城市與地區有著不一樣的发展背景與環境問題，綠屋頂政策也隨著不同的城市發展有了不同的政策目標，於是我們可以知道政策目標與政策推行地区的背景、發展條件與環境問題有密切的關係。既然各個城市有不同的發展背景，這些先進城市在綠屋頂的推行上，又是採用甚麼樣的策略來推行呢？因此，有必要繼續針對各城市的綠屋頂推行策略作一番了解。

(二)、 綠屋頂推行策略

在綠屋頂蓬勃發展的同時，有學者和機構將促進綠屋頂發展的政策工具，做了系統性的統整，並歸納出四種類型的政策工具，分別為 (Carter and Fowler, 2008; Ngan, 2004; Lawlor et al., 2006)：直接財務獎勵，包括屋頂綠化的費用補助和容積獎勵等，通常具有些特定條件必須要滿足後才能獲得，且需要投入大量的財政預算；間接財務獎勵，像是稅收減免，在歐美主要是針對暴雨費的減免；管制規範則多半是從較大尺度的規模來對建成地區做管制，包含了綠地補償和暴雨管理等概念，皆屬於之；技術規範則是透過土地使用分區管制和建築法規，強制規定目標地區設置綠屋頂。

1. 直接財務獎勵 (Direct Financial Incentives)

直接的財務獎勵方案主要是針對綠屋頂的建成花費給予直接的財務補助，通



常具有特定的條件，並且需經過審核通過，為的是要保證這項經費的使用可以達到政策預期的標準及品質。這些條件包括了綠屋頂最低的保水能力、介質厚度和定期維護管理的合約，以確保綠屋頂達到預期的效益且可以持續的保持下去。在德國、比利時的都市和加拿大的魁北克，已經推行了綠屋頂的直接財務獎勵方案約三到二十年。然而，不同於間接財務獎勵方案，直接財務獎勵必須要投入大量的財政（Lawlor et al., 2006）。

在日本東京，東京都政府的補助金制度和融資貸款也提供了直接的財務獎勵，且大多數的地方政府也都採行了補助金的制度，做為推行綠屋頂的主要工具。在前面所提的推動「綠屋頂」為義務制，其普及的成效有一定的限度，而對現有建築不能產生作用，因此有許多地方自治單位，推動建立獎助金的制度。在補助金制度上，日本最大的單位是 Committee to Promote Cool roof 的協議組織，此組織是為了推動東京的環境及經濟發展，由七個區公所（首都圈內的）及東京都政府共同組成並由中央的環境部提供資金，協助在屋頂綠化或採用高反射塗料的施工方法上，就有關設計費、材料費及機械設備費等補助，最高提供總工程費的二分之一，其中屋頂綠化的補助上限是200萬日元，高反射塗料的部分是500萬日元，其補助的對象是東京都心內的大樓。融資貸款的獎勵對象設定為屋頂面積 $2,000\text{m}^2$ 以上之商用大樓，且綠化面積占屋頂面積50%以上或綠化面積達 500m^2 以上之綠屋頂，提供了最高總工程費40%的融資貸款。

在德國，直接獎勵誘因習慣上採取給予業主和開發商補貼的方式。這些補貼有不同的目的和設計，所以需要被謹慎的審查。這項工具通常是在地方政府和社區的行政層級中執行。補貼的金額由兩種方式決定，最常見的是依照面積大小換算成補貼的金額，通常是每平方公尺約10至30歐元；另一種方法是依照整個屋頂綠化工程的費用，有時候是工程費用或包括了設計費用，給予一定百分比的補助，補助的百分比通常介於10至50%，且大部分的方案皆有設定最高補助金額。除此之



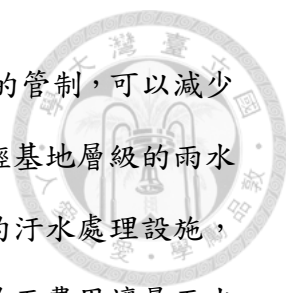
外，這些方案還可以提供設計和技術諮詢。大多數接受補貼的條件，是規定綠屋頂的逕流係數（ ≤ 0.3 ）、最小介質厚度（依照介質種類有所不同）和最短維護管理時間（通常為10年）。較不常見的條件則包括了與排水系統的連結、最大屋頂坡度、PVC防水層、選用具生態價值的植栽與最低生長高度等。且如果綠屋頂是屬於強制施作的重點地區時，並不提供補助（Ngan, 2004）。

2. 間接財務獎勵（Indirect Financial Incentives）

間接財務獎勵被認為是推行綠屋頂的常見工具，從提高建築能源效率到暴雨排放稅的減免皆是其中之一，其主要有兩項工具，也就是稅制減免與容積獎勵。在蒙斯特（Munster），安裝綠屋頂和其他暴雨源頭控管設施可以減少暴雨排放稅的給付；在日本、芝加哥和波特蘭，透過容積獎勵的方式，讓業主有間接的經濟誘因，因此讓綠屋頂的施作有了吸引力，藉此達到政策推行的目的。

稅制減免

在國外城市，間接財務獎勵通常涉及污水處理費用，因為其設及到「使用者付費」的暴雨排放，不像是直接財務獎勵，後者較缺乏這麼具體的指向性，而傳統的費用系統是從用水消耗率（water consumption rate）來給付公共衛生和暴雨處理費用。而隨著污水處理費用的分離，業主必須要依據用水消耗來給付公共衛生處理費，並且依據其建物或不動產的不透水面積來給付暴雨處理費用。根據政府法規，暴雨源頭的管制可以獲得稅收上的抵免，像是綠屋頂。若是業主的排水系統完全和公共下水道系統分離的話，則可以完全免除暴雨處理費的收取（Ngan, 2004）。



污水處理費的分流具有經濟和環境效益，透過鼓勵暴雨源頭的管制，可以減少逕流量和減緩逕流尖峰進入公共下水道系統的時間，進一步減輕基地層級的雨水逕流。減少下水道系統的負荷也代表著更小的排水管尺寸，更小的污水處理設施，更少的污水溢流污染周遭水體，並提升了防洪功能。也因此，暴雨費用讓暴雨水的管理更加的透明，也可減少不透水表面的施作，並透過獎勵以鼓勵暴雨源頭的管制（Ngan, 2004）。

同樣是稅制減免的政策工具，然而在日本東京都所提供的項目中，則不像是歐美城市以暴雨費用的減免為主要對象，其多為房屋稅與地價稅之減免。減免對象為位於綠化設施整備計畫中所劃定之「綠化推行重點區域」內的建築物，且基地面積須達1,000平方公尺以上，綠化面積達基地面積20%以上之對象，方可申請為期5年的減稅優惠，並減輕房屋稅或地價稅課稅標準的50%。相當於一個費用為日幣5,000萬的工程，可以減少日幣133萬的稅金，相當於綠化工程費用的3%左右。

容積獎勵

容積獎勵（Density Bonuses, Floor Area Ratio, or Building Density）是另一種常見的間接財務獎勵措施，在有促進社會利益的前提下，政府通常會允許建築樓地板面積或樓高可以超過土地使用分區的限制。在不同的文獻中，容積獎勵有時候會歸類在直接財務獎勵（Lawlor et al., 2006）或間接財務獎勵（Carter and Fowler, 2008）中，本研究依照其可以間接給予業主或開發商經濟利益之特性，將其歸納為間接財務獎勵。

在波特蘭，透過綠屋頂的容積獎勵（FAR）工具，期望能帶來額外的發展潛力。如果綠屋頂覆蓋小於30%的屋頂總面積，則每平方呎的綠屋頂可以獲得1平方呎的獎勵；若綠屋頂覆蓋小於60%的屋頂總面積，每平方呎的綠屋頂可以得到2平方呎的獎勵；綠屋頂覆蓋超過60%的屋頂總面積，則可以得到3平方

英呎的獎勵 (Liptan, 2003)。

芝加哥也將綠屋頂整併入城市區域法第 17-4-1015 項，這項法規提供建築容積獎勵 (floor area bonuses) 給符合規定的開發案。以下為芝加哥計算容積獎勵公式：

獎勵的容積率 (Bonus floor area ratio) = (屋頂景觀美化的面積 (需超過淨屋頂面積的 50%) ÷ 美化區的數量) × 0.30 × 基本容積率。

東京也同樣藉由容積獎勵制度來推行，依照東京都各個區的發展定位不同，設定不同的基本計畫條件。以東京都品川區為例，建蔽率 (F%) 介於30%至50%的基地，空地率需為115%-F%；且屬於第一種低層住宅區和第二種低層住宅區 (住1和住2) 的基地面積須達1,000平方公尺，除此之外的地區的基地面積則須達500平方公尺。且除了以上為法規所訂定之基本要件外，尚必須符合各地區計畫之建築管制規定等附加要件。容積獎勵公式如下：

獎勵的容積率=綠化面積 (植栽基盤的面積) ÷ 基地面積×100%

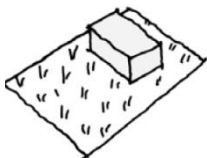
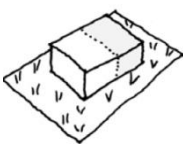
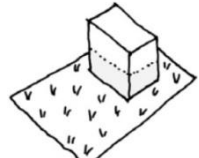
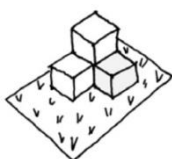
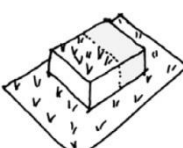
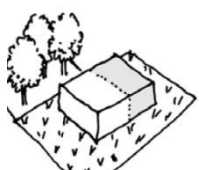
3. 管制規範 (Performance Standards)

管制規範其實也就是綠屋頂的效益標準，也就是透過環境與生態效益的量化標準，進一步的強制綠屋頂的施作必須達到可允許的標準，以滿足預期的效益。管制規範的主要意義便是基於對大自然的環境補償，其較常見的工具包括了生態補償措施 (Ecological Compensation Measure)，以及結合暴雨管理的生境面積因子 (Biotope Area Factor) 的應用。

「我們殺死了一小塊大自然，然後在那個汙點上建造房舍，所以我們要在屋頂上還一份給大自然。」由建築與都市設計師Friedensreich Hundertwasser所描述

(Linz, 2000)，這正是一種利用綠屋頂做為環境補償的構想。生態補償政策的中心圍繞著德國的「干預規則」(Intervention Rule)。干預規則是根據德國的聯邦建築條例、聯邦自然保護法和環境衝擊評估法。干預規則是一種應用在土地使用和開發層級的決策過程。第一步，必須要先確認預定開發的計畫案是否會干預自然或是自然景觀。若確定干預後，則依照迴避 (avoidance)、最小化 (minimization)、補償 (compensation) 和替代 (replacement) 這四個步驟，依序失去的自然綠地帶回 (SenStadtUm, 2004)。

表 5 生態補償的概念

		
現行情況	未來欲增加的狀況	迴避
		
最小化	補償	替代
資料來源：SenStadtUm (2004)		

做為補償措施，綠屋頂可以用兩種方式被結合到開發管制中。第一個方法是作為聯邦自然保護法的補償措施，第二個方法則是納入一般的聯邦建築條例架構下。然而問題是，最小化的標準和評估過程該如何制定。當綠屋頂被作為一種生態補償措施時，最小化的規定和評估過程即必須要針對綠屋頂要補償的特定目標，具體而言也就是其所需滿足的生態效益。1998年，德國FLL機構提出了一個效益評量系統，稱為FLL評量系統 (FLL Bewertung)。其可以做為一種工具，幫助政府界定綠屋頂系統具體應提供多少的效益，以補償開發干預所造成的生態損傷。而除了FLL評量之外，還有一個Karlsruhe效益評量系統 (Karlsruhe performance rating

system)，在後續的文獻回顧，再針對這兩種評量系統做描述。

生態補償的措施，多半透過「生境面積因子」(BAF)的方式來測量。依照每個城市不同的型態，規劃者各自設定一個特定的BAF值做為目標。例如，新的住宅建築物必須符合BAF值大於0.6的目標、新的商業建築物則必須符合BAF值達0.3的目標。在更新過後，BAF目標可能會視現有的建蔽率變動。因此，一個住宅原本需達到BAF0.5的標準，更新後目標即可改變成為0.3。在工程計畫中每一種型態的表面都需要經過測量與分配，根據其「生態價值」評估各表面的相對重要性。例如，完全密封的表面(sealed surfaces)所得到的分數比重是0.0/m²，而綠屋頂表面是0.7(陳慶安，2009)。

BAF定義為： $BAF = \text{生態效益面積} \div \text{土地總面積}$

綠屋頂的管制規範也適用於綠建築的技術規範。其中一項是屋頂反射係數的最小值規範，訂定這項規範的起因為降低都市熱島效應，都市可能因為深色的不透水鋪面覆蓋，例如柏油屋頂，而比都市外周遭環境熱上6~8度C(Bornstein, 1968)。如果屋頂採用較低反射係數的材質，將有助於減緩都市暖化效應。美國環境保護署(U.S. EPA)為屋頂材質建立了能源之星的標章系統(Energy Star labeling system)，可以評估屋頂的反射係數，並由Leadership in Energy and Environmental Design, LEED)綠建築評價系統，評估各項屋頂材質產品的等級(Carter and Fowler, 2008)。

4. 技術規範 (Technology Standards)

技術規範其實指的也就是強制性的政策工具，透過建築法規、土地使用管制等方式，強制綠屋頂的施作。其可以確保特定地區或城市屋頂的綠化空間。技術規範措施可以達成特定和可持續性的城市目標，像是空氣品質、都市熱島效應、

暴雨管理和公共空間的改善。

技術規範措施也可以設定最低的綠屋頂要求標準，像是土壤介質厚度或植栽使用的種類。這樣的方式在德國已經被廣泛的使用。以德國來說，其規定所有平屋頂建築和15度以內的斜屋頂必須永久綠化。植栽衰退的區域若大於等於5平方公尺，則需要補植；屋頂總面積小於10平方公尺的建築則不適用這項規則，但是必須要讓綠屋頂保持在良好的狀況。栽種介質深度至少需8至10公分後，且栽種的植栽、種子和幼苗皆須為原生種。且各市政府也可以強制規定公有建物必須執行屋頂綠化。斯圖加特每年會固定保留預算，提供給需要綠化的公共建築，多半是利用翻修整建時一起施作綠屋頂（Lawlor et al., 2006）。

獎勵的政策形式是可取的，因為其使用者自願的特性，但是在某些情況下，強制性的措施可以更有效的達成目的，而將綠屋頂納入開發條例是則另一種可用來增加屋頂綠化面積的工具。在德國，其透過聯邦建築條例（Federal Building Code）建立了一般性的規範，詳細的條例內容則留給各市政府自行訂定，使強制性條例依然保持著適當的彈性。在2004年的調查中，FBB機構發現有145個市政府將綠屋頂納入其開發條例中，而這些強制性條例多與獎勵方案互相結合以利推行。其中，地方政府多可能會將綠屋頂納入開發條例的原因，主要是基於其生態補償措施或聯邦建築條例的影響。且綠屋頂的強制性規定與容積獎勵條例則多納入開發計畫中，與土地使用管制（Land-Use Regulation）結合（Ngan, 2004）。

然而，許多德國城市早期的獎勵方案多依賴直接財務獎勵，也就是補助的方式施行，因此造成了預算上的負擔，而強制性的技術規範也沒有非常顯著的成效。雖然其促成了許多綠屋頂的出現與普及，卻沒有照顧到後續維護管理的問題。也因此，德國也開始轉變其政策工具為獎勵基礎的系統（Toronto City Planning Division, 2005）。



一項帶動綠屋頂的方法就是在建築法規中直接命令，如此一來所有的建築都勢必會有某種程度的屋頂綠化。公共建築或是大型的商業建築有著廣大平坦的屋頂，往往會成為規範目標。它們的設計也會有一套標準，如介質厚度、植物覆蓋面積、保水能力，或是屋頂的光反射率...等等。北美的自治市近年來的建築管理政策開始要求設置綠屋頂。多倫多的一項政策說明「...城市公共建築物 (city-owned buildings) 必須設置覆蓋建築面積50~75%的綠屋頂」。多倫多綠屋頂的計畫必須與城市資本改善和營運的預算互相配合，並發生在低斜度屋頂、適當的結構資金，同時容易維護，這個計畫必須發生在「既務實又可行」的條件下。在波特蘭也制定了一項綠建築政策，它要求所有的城市公共設施必須要有70%的綠屋頂覆蓋 (PDC, 2005)。但也有特例，譬如波特蘭火車站就不需要設置綠屋頂，因為它是國家歷史文化資產 (National Historic Registry)。明尼蘇達的Minneapolis市也將綠屋頂規範明確的整併進入某些都市區域的基地計畫中。土地使用上，如計畫單元開發 (Planned Unit Developments, PUDs)，也會使用綠屋頂使原本難以通過法令的情況做一些環境上的修正，而使這個土地開發得以過關 (Carter and Fowler, 2008)。

這些技術規範已在日本東京都實施，2000年12月，東京都修訂了「東京都回復及自然保護相關條例」，將屋頂綠化的工作從『行政指導』轉變成『執行義務』，於2001年4月起實施，且必須要對新建或改建的建築屋頂進行綠化工作，如違反將處罰20萬日元的規定。其中明文規定，凡私有建築面積超過1000m²、公共建築超過250m²者，皆需設置20%的屋頂綠化。積極的東京都政府，更於2004年4月強化了技術規範的標準，除了外部結構與設施，可利用的屋頂的綠化面積也要達到20%以上，包括建築物外部面積及可利用的屋頂面積都有必要實施綠化義務。因為這些法令規定，統計至2009年為止，東京都內總共有164公頃的綠屋頂。透過下表，我們可以清楚的看到各城市與地區的綠屋頂政策。

表 6 各城市與地區的綠屋頂政策一覽

技術規範	城市	項目
☐ 建築法規的直接命令，受規範者勢必會有某種程度的屋頂綠化。 ☐ 公共建築或是大型的商業建築往往成為規範目標。	東京	私有建築面積超過 1000m ² 、公共建築超過 250m ² 者，都需設置 20% 的屋頂綠化。
	奧地利 Linz	面積大於 100m ² 、屋頂斜度 20% 以下的新建築都必須設置綠屋頂。
	多倫多	城市公共建築物必須設置覆蓋建築面積 50~75% 的綠屋頂。
	波特蘭	所有的城市公共設施必須要有 70% 的綠屋頂覆蓋。
管制規範	城市&區域	項目
☐ 法律上對於土地開發的一套環境管制辦法。 ☐ 建立在暴雨管理、都市綠色設施、或是屋頂反射值的目標之上。	柏林 波茨坦廣場	區內 99% 的暴雨都要受到管理。開發者實施一套綜合的暴雨管理系統，其中包括粗放型綠屋頂，以達成這項目標。
	賓州 紐澤西州 北卡羅來納州	新的土地開發計畫有著暴雨管理規範，綠屋系統已列為最佳的暴雨管理措施。
	柏林 瑞典 Malmo	採用「生境面積因子」(Biotope Area Factor (BAF)) 的計算模式，裝設綠屋頂可得很高的分數，將綠色空間策略地介入城市之中。
直接的財務獎勵	城市&區域	項目
顧名思義，就是津貼或財務直接補助綠屋頂建設。 以每平方公尺可得多少獎金的形式呈現。	德國	可以補助 10~50% 的建造費用。大約有一半的德國城市會提供建造綠屋頂的補貼。
	多倫多	綠屋頂獎勵計畫，提供綠屋頂 \$10 Cdn/m ² 的補助。
綠屋頂補助計畫一次撥款給經選出的優良範例。	芝加哥	2005 年芝加哥政府提供十萬美元的補助給 20 個位於住宅區和商業區的小型綠屋頂計畫。
間接的財務獎勵	城市	項目
信貸 (credit)：一種減稅形式，減少原本需付給的暴雨處理費用。	波特蘭	「清淨河川獎勵計畫」中指出：波特蘭每個家庭每個月需支付 \$14.26 的基本暴雨管理費用。如果土地擁有者可以自己提供暴雨管理的話，可允許減少 35% 以上的基本費。屋頂總面積若有 70% 為綠屋頂，地主將可能可以減免所有的費用。
	明尼蘇達	近年來也制定的暴雨公共事業費用，綠屋頂可提供 100% 的費用減免。

容積獎勵	波特蘭	綠屋頂覆蓋小於 30% 的屋頂總面積，每平方呎的綠屋頂可以得到 1 平方呎的獎勵；小於 60% 的屋頂總面積，可得 2 平方呎的獎勵；覆蓋超過 60% 的屋頂總面積，可得 3 平方呎的獎勵。
	芝加哥	獎勵的容積率 = (屋頂景觀美化的面積 (需超過淨屋頂面積的 50%) ÷ 美化區的數量) × 0.30 × 基本容積率。

資料來源：引自陳慶安 (2009)。城市推行綠屋頂的策略、措施與成效之分析研究。未出版碩士論文。

透過這些文獻，我們可以清楚的了解綠屋頂政策的種類及相關的獎勵配套措施，可是我們仍然不知道綠屋頂政策在城市中的發展過程與階段，我們無法將上述的推行策略一次性的施行，這樣的成效很可能會適得其反。因此，我們仍必須要透過國外文獻來了解綠屋頂發展的歷程與階段。

(三)、 綠屋頂發展歷程

2006年，<Green Roofs: A resource Manual for Municipal Policy Maker>手冊出版，將建立綠屋頂政策的過程分成六個階段。不同的城市和國家可能會從不同的階段開始他們的綠屋頂推行工作，但是如果有執行上的需要或困難，可能會回到一個較早的發展階段。此六個階段依序為：

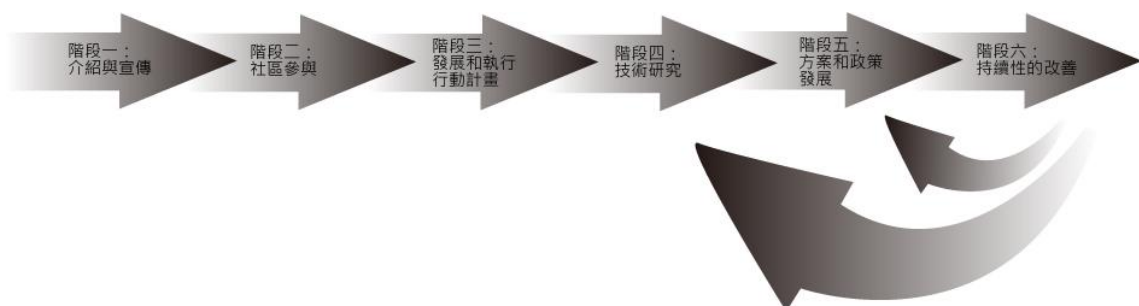


圖 10 綠屋頂政策和計畫發展的六個階段

資料來源：重繪自 Lawlor et al. (2006)



階段一：介紹與宣傳

在初始階段，政府開始注意到綠屋頂的優點和所帶來的環境效益。政府可能會開始舉辦綠屋頂的討論會，並派出代表去參加綠屋頂研討會，或是參訪已經具有綠屋頂或綠屋頂政策的城市。Green Roofs for Healthy Cities (GRHC) 組織一直在幫助北美地區的城市舉辦綠屋頂研討會，讓這些地方相關利益團體可以集結在一起。在這個階段，具有影響力的人通常扮演著主導的角色，不管是政府或是開發商。加拿大的溫尼伯和渥太華屬於這個階段。

階段二：民眾參與

一個地方領導者或綠屋頂委員會可能會尋求數種不同的方法來刺激綠屋頂的形象，並舉辦社區領導人、市長、建築師、景觀專業者、業主和環保團體的會議，來獲得這些角色對綠屋頂的支持。對於資金來源，則會向政府計畫、公用事業和綠屋頂業者不停的討論和協商，已獲得最低廉的成本和較低的阻力。

領導人或委員會會對政府提出綠屋頂發展的SWOT，舉例來說，極端惡劣的氣候會是潛在的威脅，城市中許多的平屋頂會是發展綠屋頂的機會。加拿大的Halifax和Calgary於2006年時正處於這個階段，發展接近於階段三，當時其已經著手開始進行綠屋頂示範計畫和相關研究。

階段三：發展和執行行動計畫

透過地方領導者，政府或社區在此階段會建立綠屋頂諮詢或工作委員會，並且開始著手進行綠屋頂示範計畫，然而此階段可能尚未有科學監控設備參與其中，這都根據當地研究資料的需求而可有可無。綠屋頂導覽和正在進行的規劃會議，經常都會包括不同種類和設計的綠屋頂基地的參訪，並因此建立綠屋頂資料庫或調查目錄。在這個階段，會開始針對現有的政策選擇和工具做系統性的回顧，並

界定不同的計畫需求和政策機會。明尼蘇達州的聖保羅，就是在這個階段。



階段四：技術研究

在地的綠屋頂諮詢委員會或地方領導人們，或兩者，會在一個可能的公司夥伴關係上建立一個研究的基地。在某些情況下，技術研究會針對示範計畫的綠屋頂裝置，像是多倫多和芝加哥市政廳。地區設置綠屋頂是制訂綠屋頂政策的其中一步，制訂政策需要在地性的研究資料的成果，才能得以適用或應用於刺激政策發展的優先關鍵因素，像是暴雨逕流的研究。也因此，包含加拿大，許多國家的國家研究院（National Research Council, NRC）也對許多的綠屋頂研究計畫提供了技術援助。

在技術階段，研究人員調查和量化綠屋頂的效益，這些都會成為綠屋頂政策和設計的準則的一部份。研究通常涉及評估綠屋頂暴雨管理、減緩都市熱島或提供必要的環境效益的能力。通常來說，會監控示範基地的資料並在研討會上發表成果，並做為一個國際經驗於國際綠屋頂會議上分享。分享資料和研究成果是技術研究階段之中很重要的一部份。多倫多、渥太華、溫哥華、蒙特利爾和紐約即屬於此階段。

階段五：方案和政策發展

在這個階段，綠屋頂諮詢委員會可能會擴大到其他專業者，像是景觀設計者、園藝師、都市計畫者和設計者，此一階段也會將地方和區域研究的成果轉換到政策選擇和工具上。這涉及了如何建立對承包商、開發商和業主的誘因，並藉著這些誘因去改建和新建綠屋頂。這些包含了財務獎勵、稅收抵免和容積獎勵。芝加哥、波特蘭和新加坡即屬於此階段。



階段六：持續性的改善

在階段六，綠屋頂技術已經足夠成熟和熟悉，便會開始評估政策和方案的有
效性，並決定是否繼續先前的政策方向，或是另外開發其他新的政策方向的選擇。
為了成功收集資訊和評估方案，必須要有一種機制來收集和分析具建設性的回饋，
從使用者、專業者和建成社區。階段六通常需要探索其他的政策選擇，或是進一
步的研究來調整現有的方案。

透過下圖，我們可以清楚看到各個城市目前發展綠屋頂的階段為何。在德國
的經驗中，有些業主對其綠屋頂疏於管理與維護，而沒有達到它們所預期的環境
目標，因此必須重新檢視其政策。許多的德國城市和城邦像是Stuttgart、Münster、
Berlin和North Rhine Westphalia都屬於階段六。

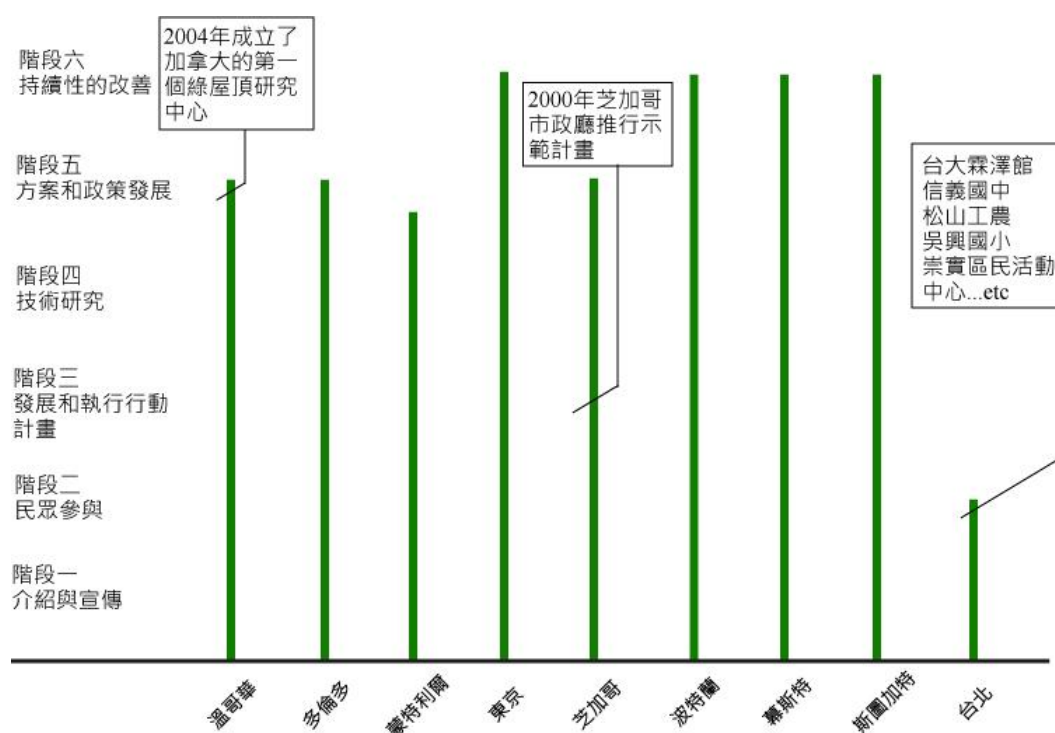


圖 11 各城市發展綠屋頂的政策階段

資料來源：整理自Lawlor（2006）



三、 配合措施

前面的文獻回顧中，我們已經瞭解綠屋頂推行的相關策略，然而綠屋頂政策推行的主要問題是如何確保這些施作的綠屋頂，是否能保證達到所預期的效益目標並且持續的維持下去。因此必須要透過適當且實際的配合措施，作為將這些效益轉換為量化指標的工具，效益評量系統就是能達成此目標之工具。以下內容與兩種效益評量系統皆引用自Goya Ngan所編寫之<Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design>一書。

Stefan Zeller檢視各種德國使用的效益評量系統。在他的調查中，最常被使用的系統是FLL所開發的其中一種評量系統：FLL效益評量系統（FLL Bewertung or FLL performance rating system）。有許多的行政區使用自行訂定的系統，但是可能過於簡單。也許應該說許多行政區並沒有採行任何評量系統。其中有許多的監控、法律和法規的原因，因此，發展一個國家級的綠屋頂評量系統是必要的。

FLL於1998年所發展的綠屋頂評量系統是整個綠屋頂政策的關鍵，其可以確保綠屋頂達成所需之效益目標或生態功能，並且專門使用在土地使用計畫、建築開發審議和開發執照許可中。評量系統的基礎是根據綠屋頂結構的厚度判斷植栽根系是否會穿透，以每1公分給予10分為計算基礎。這些分數會依據特定的建築屋頂結構並具體要求最低的參數，包括了介質保水能力、排水層的保水能力、粗放型綠屋頂的植栽種類數和密集型綠屋頂的植栽生物量。除了上述定量因素，FLL系統根據屋頂結構的種類來判斷評量系統的定性指標和特性。這些通常是用來判斷一個計畫是否適合於聯邦自然保護法的生態補償措施。每個自然功能參數通常會被視為「可能完全實現」、「可能部分實現」或「微小或可能不能實現」，這些定性參數包括如下：土壤（介質）、表面水、減輕地下水系統負荷的承載量、地下水補給、暴雨水的淨化、空氣過濾、氧氣生產、穩定溫度、植物和動物棲地、景觀和城市



景觀，以及人/休閒/療癒（Lawlor et al., 2006, Ngan, 2004）。

(一)、 FLL評量系統的示範計算⁶

下面會以此評量系統為示範。該示範案例位在柏林，一購物中心欲安裝綠屋頂。下圖分別表示的地方發展計畫中所要求的綠屋頂綠化程度，以及該購物中心實際的整建計畫。其針對建築的設計稍有更動，像是頂樓額外的儲藏空間和一樓天花板改用部分的透光玻璃增加採光，降低了綠屋頂的可綠化空間。評量系統的應用，就在於確保可綠化空間是否足夠，以滿足地方發展計畫的屋頂綠化要求。

表 7 納入綠屋頂的開發計畫

地方發展計畫	實際的整建計畫

表中顯示了實際的整建計畫中，其建築的綠化面積和其在評量系統中所獲得的分數。比較地方發展計畫的綠化程度分數（361,800分）和實質修改建築設計後的綠化分數（329,800），發現其低於標準值共32,000分（假設其他因素保持不變），因此要求業主必須提出補償和改善辦法。

⁶ Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL). (1998). Bewertung von Dachbegrünungen: Empfehlungen zur Bewertung in der Bauleitplanung, bei der Baugenehmigung und bei der Bauabnahme. Bonn, Germany.

表 8 地方發展計畫的綠化要求



Extensive green roof		Intensive green roof	
Area of building's roof	2,420 m²	Area of the first floor roof	800 m²
Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers, vents, etc. (10%)	2,178 m²	Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers (10%)	720 m²
1. Combined depth of drainage layer and grow-ing medium 10 cm=100 pts/m²= 217,800 points 2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 48% 3. Maximum water-retention capacity of drainage layer =at least 15% 4. Number of plant species =10		1. Combined depth of drainage layer and growing medium 20 cm=200 pts/m²= 144,000 points 2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 53% 3. Maximum water-retention capacity of drainage layer =no value 4. Green volume =0.50 m²/m³	
Total (217,800+144,000) =361,800 points			
Adapted from: FLL 1998			

表 9 實際的整建計畫

Extensive green roof		Intensive green roof	
Area of building's roof	2,420 m ²	Area of the first floor roof	800 m ²
Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers, vents, etc. (20%)	1,938 m ²	Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers (15%)	680 m ²
1. Combined depth of drainage layer and growing medium 10 cm =100 pts/m ² = 193,800 points 2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 48% 3. Maximum water retention capacity of drainage layer =at least 15% 4. Number of plant species =10		1. Combined depth of drainage layer and growing medium 20 cm =200 pts/m ² = 136,000 points 2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 53% 3. Maximum water retention capacity of drainage layer =no value 4. Green volume =0.50 m²/m³	
Total (193, 800+136,000)=329,800 points			
Adapted from: FLL 1998			

FLL的評量系統的出發點在於城市的暴雨管理，主要是針對雨水貯留和減緩逕流的能力所設定，故須滿足最大介質貯留能力和最大排水層保水能力。也因此，介質厚度越深，分數相對越高，其給分的方式是每公分的介質厚度給予10分，因此，在本案例中，當分數不夠時，可以藉由增加一樓密集型綠屋頂的介質厚度，

從20公分變成30公分，來提高整體的綠化分數。重新試算後，介質深度的增加可以滿足地方發展計畫的要求，介質厚度的增加也可以允許種植較大的灌木和喬木，使綠屋頂具有更大的生態效益，從而彌補改變後可能降低的綠屋頂品質。在這個案例中，評量系統可以確保業主符合發展計畫的綠化條例，並且透過綠屋頂減輕對環境的破壞。

表 10 補償後的計算

Extensive green roof		Intensive green roof	
Area of building's roof	2,420 m ²	Area of the first floor roof	800 m ²
Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers, vents, etc. (20%)	1,938 m ²	Area after reduction of non-greenable areas, due to light covers (15%) Outer (558 m ²) + Centre (122 m ²)=	680 m ²
1. Combined depth of drainage layer and growing medium 10 cm=100 pts/m ² = 193,800 points		1. Combined depth of drainage layer and growing medium Outer (30 cm)=300 pts/m ² +Centre (20 cm) =200 pts/m²=191,800 points	
2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 48%		2. Maximum water-retention capacity of growing medium =at least 53%	
3. Maximum water retention capacity of drainage layer =at least 15%		3. Maximum water-retention capacity of drainage layer =no value	
4. No. of plant species =10		4. Green volume =0.50 m³/m²	
Total (193,800+191,800)=385,600 points			
Adapted from: FLL 1998			

這個評量系統的優點是，它可以確保綠屋頂的生態功能並符合法規要求，並允許設計具有一定的靈活性。透過評量標準的設定，可以幫助政策制訂者確保政策目標所預期的綠屋頂種類，並預防不符合效益與政策目標的綠屋頂種類出現。

(二)、 Karlsruhe模型與生態補償⁷

這項模型是由德國的Karlsruhe城市所使用，並且將評量系統的定性指標設定

⁷ Ngan, G., (2004) Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design. Available at <http://www.gnla.ca/assets/Policy%20report.pdf>. 檢索日期 2011 年 4 月。

為五項自然功能：土壤、氣候、植栽、動物和水平衡。這項評量系統使用了干預規則（Intervention Rule）的架構。換句話說，其針對綠屋頂的種類做評量，指出這樣的綠屋頂適合作為何種的生態補償措施。Zeller（2003）比較了許多的效益評量系統，並指出Karlsruhe模型是”完整”（well-rounded）的評量系統。使用者可以依照所施作的綠屋頂系統的特性及項目，進而求得綠屋頂的評值總分。

表 11 Karlsruhe 綠屋頂效益評量系統

	土壤（介質） 15%*	氣候（蒸 散量） 15%*	植栽 30%*	動物 30%*	水平衡 10%* （平均 年暴雨 貯留量）	總分 *****
3-5 公分厚的栽培介質	無機介質、生長毯、火山熔岩、膨脹黏土、碎磚塊、沸石等 **5% ***0.0075	30%**, 0.030***	景天科植物、苔癬、少許的草種和草本植物，植物種類稀少 10%**，0.030***	因為誘鳥植物，五到六月會有鳥類族群的出現，較少出現廣泛分布的常見鳥類，因為極端的溫度而缺乏長期的土壤有機質，有爬行的甲蟲類和蜘蛛的先鋒物種 5%**，0.015***	45%**， 0.045***	0.14
15 公分厚的栽培介質	天然土壤材料製成之人工栽培介質，營養貧瘠 10%**， 0.015***	50%**， 0.075***	植物物種豐富，多耐旱粗放草種（無黑麥草） 100%**，0.300***	草地上常見蜜蜂和蝴蝶，乾旱時期可能看不到；有爬行的甲蟲類和蜘蛛；在極小的微氣候下可能會有長期的生物生存；目前沒有乾旱和營養貧瘠的證據和草種有關；在緊密的都市土壤中有蚯蚓、蛾、馬陸，在豐富的都市空地中則有蝸牛。 10%**，0.030***	65%**， 0.065***	0.48
25 公分厚的栽培介質	天然土壤材料製成之人工栽培介質，營養貧瘠 20%**，0.03***	60%**， 0.090***	植物物種豐富，多耐旱粗放草種（無黑麥草） 100%**，0.300***	草地上常見蜜蜂和蝴蝶，乾旱時期可能看不到；有爬行的甲蟲類和蜘蛛；比介質厚度為15公分時的土壤環境更好；目前沒有乾旱和營養貧瘠的證據和草種有關；在緊密的都市土壤中有蚯蚓、蛾、馬陸，在豐富的都市空地中則有蝸牛。 10%**，0.030***	70%**， 0.070***	0.53
25 公分	天然土壤材料	60%**，	景天科植物、草	蝸牛是優勢物種；具有甲蟲、蜘蛛、蟬等表	70%**，	0.60

厚的栽培介質	製成之人工栽培介質，營養貧瘠，含土壤。 20%**，0.03***	0.090***	坪、有些草本和木本植物，植物物種豐富 120%**，0.360***	層土壤、土壤與草本層中的動物；具有大量的生物棲息。 20%**，0.060***	0.070***	
40 公分厚的栽培介質	天然土壤材料製成之人工栽培介質，營養豐富 30%**，0.045***	70%**，0.105***	相關物種貧乏，大多是非原生物種（植被、多年生） 20%**，0.006***	具有長期的土壤有機質；鳥類有築巢機會，保護其不受風吹日曬，可能有蜘蛛網；由於植物品種稀少，動物種類也很少，多為土壤中微生物。 10%**，0.030***	80%**，0.080***	0.32
40 公分厚的栽培介質	天然土壤材料製成之人工栽培介質，營養豐富。 30%**，0.045***	70%**，0.105***	灌木、草本和較多的野生物種 60%**，0.18***	螞蟥和蛾為優勢物種；少許的草本層物種；具有長期的土壤有機質；鳥類有築巢的機會。 15%**，0.045***	80%**，0.080***	0.45
大約 1 公尺厚的栽培介質	天然土壤材料製成之人工栽培介質，營養豐富。 50%**，0.075***	90%**，0.135***	原生與外來種植物混合，有木本植物、小喬木和草皮 50%**，0.150***	具有長期的土壤有機質；鳥類有築巢機會，保護其不受風吹日曬，可能有蜘蛛網；可能會因為植物種類變化多而有較多的動物種類的出現。 15%**，0.045***	100%**，0.100***	0.50
*權重，**所實現的功能特性百分比，***權重百分比×功能百分比/10=小計，****小計加總作為最後的評值						

資料來源：引自 Ngan (2004)



第二節、 德國柏林綠屋頂政策的發展與推行

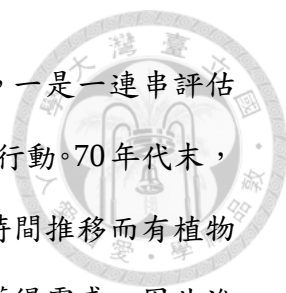
柏林是德國聯邦首都，為德國三個城邦之一，面積為 892 平方公里，其結合城市與州的功能，擁有一個參議員。2001 年 1 月，柏林實施行政改革，把 23 個區合併為 12 個區。每一個區再細分為分區，代表著傳統的都市化地方。現在整個柏林共有 12 區，總共有 96 個地方單位，每個地方單位皆由數個街道組成。12 區都有各自的區議會，有五位評議員及一位區長。區議會成員由區大會經選舉產生，不過這些區並非獨立的都市，因為區政府的權力有限且隸屬於柏林參議員。各區區長合組成為區長議會，並由柏林市的市長領導，向柏林參議員提供意見。在東西德統一之後，柏林有更多的場地和機會去嘗試較大尺度的開發計畫，也將許多嶄新的都市設計方法應用在許多大型建設中。除此之外，柏林政府在 1984 年到 1994 年的綠色都市綠洲計畫（The oasis of green urban planning）中有四個主要計畫：自然和野生動物、自然資源、景觀及遊憩區域的保護，由此可知柏林政府對於自然環境的重視。

1970 年代以降，柏林日益增長的都市化所造成的負面影響開始被受關注，像是綠地空間的缺乏和暴雨管理等。高密度開發的土地被嚴重限制其功能，這些問題諸如：高比例的不透水鋪面、降雨逕流快速進入下水道系統導致地下水補充不足、缺乏空氣濕度和過量的熱能，以及由於綠地空間不足造成動植物棲地不斷減少（Lawlor et al., 2006）。這些負面影響是柏林政府開始推行綠屋頂的主要動機。

一、 綠屋頂政策發展歷程⁸

德國一直是記錄綠屋頂效益、引領技術和綠屋頂政策發展最為進步的世界領

⁸ Lawlor, G., B. A. Currie, H. Doshi, and I. Wieditz., 2006. *GREEN ROOFS: A Resource Manual for Municipal Policy Makers*.



導者，其廣泛使用綠屋頂的年代可以追溯到 1970 年的兩項行動，一是一連串評估綠屋頂生態效益的技術研究，二是關心環境和對政策不滿的公民行動。70 年代末，許多勞工階級的住宅屋頂都是以焦油、沙子和礫石製成，隨著時間推移而有植物生命開始在屋頂上繁衍，讓柏林工業大學的研究人員偶然從中獲得靈感，因此進一步開始研究城市屋頂的生態價值；與此同時，市民的環境意識抬頭，開始支持更多的環境友善政策並因此促成綠屋頂運動的發展。

1975 年，德國 FLL（景觀發展與施工研究協會）協會成立並開始評估各種綠屋頂的施工方法。透過研究、實務經驗和計畫實施，FLL 建立一套指導方針以規範綠屋頂施工的品質。在此同時，市民倡議開始關注城市地區的環境議題，包括日益增長的城市化、綠地缺乏和政府利益激勵措施的不足，因此引發許多倡導自然的草根行動，並進一步的在 1980 年代催生綠黨的成立。

1980 年代許多州和城市紛紛通過綠化獎勵方案，期望將自然和綠色空間帶回城市，這些方案促使一系列城市運動的產生，包括屋頂綠化。1983 年，德國至少有 24 個城市開始提供城市綠化補貼，這些財務補助降低綠屋頂技術的高成本，而高成本也隨著綠屋頂的普及化而逐漸下降。1980 年代中期修改聯邦建築法和聯邦自然保護法，納入生態補償措施，這些法規要求開發所造成的環境干擾必須採取避免、最小化或減輕的原則。補償措施給予市政當局有權決定補償的性質並透過合法的地方發展計畫來執行。由於生態補償措施的施行，因此讓綠屋頂成為德國常見的補償措施。配合 1980 年代西柏林所建立的生境面積因子（Biotope Area Factor, BAF），其有助於協助計算生態補償的面積。BAF 對於具法律效力的景觀計畫地區是必要的，在柏林就有 13 個景觀計畫地區。若是在這些地區之外有任何建案時，BAF 僅被視為環境開發的指導方針。

1983 至 1996 年之間，柏林的高密度發展地區開始推行院落綠化專案

(Courtyard Greening Program)，該專案目的在透過綠屋頂、綠牆和花園等方式增加城市綠地空間。這項專案採取直接的財務獎勵，直接財務獎勵為經費補助，補助額度為施工成本的 50%到 100%不等，獲得補助的綠屋頂案件面積約有 65,750 平方公尺，間接促成綠屋頂的推廣，但是自從柏林政府開始出現財務赤字後便不再提供直接財務獎勵而改以收取暴雨費和管制規範的形式繼續推行綠屋頂。暴雨費由柏林自來水公司管理，該公司 50.1%的股份為公股（publicly owned）。收費的標準依照不透水表面的比例為準，綠屋頂並不會讓屋主獲得折扣或財稅減免。然而，只要逕流沒有連接到排水管，屋頂面積就不會列入暴雨費收費的計算中。1984 年聯邦法庭判決自來水費必須要維持透明，對於綠屋頂發展是另一個重要的發展。用水量一直是自來水費的銷售基礎，其收費會運用在自來水供應和處理的費用上。為回應這項判決，數个城市獨立污水費的徵收，另外向業主收取暴雨直接經由其不動產排放到下水道的費用。收費高低從 0.2 歐元/m²到 2 歐元/m²不等，依照不動產的不透水鋪面面積（包括屋頂）有不同的標準，舉例：2004 年的暴雨費為 1.407 歐元/m²/年。為鼓勵雨水源頭的控制，市府提供各種優惠措施，如鋪面去除、雨水蓄水池和綠屋頂等皆可以避免暴雨直接進入下水道而減少暴雨費的徵收。

表 12 1994 年到 2003 年的德國綠屋頂面積

年份	1993	1994	1997	2001	2002	2003
已經綠化的平屋頂面積 (單位：百萬平方公尺)	8	9	11	13.5	13.5	13.5

資料來源：引自 Lawlor et al. (2006)



二、 針對德國綠屋頂推行的調查結果⁹

許多文獻開始討論數個德國城市的綠屋頂政策，其中一些調查指出，由於缺乏統一具體的建築法規和相關政策，大約有 14000 個德國自治市，難以提供一個全面性的綠屋頂政策。聯邦法律提供了一個總體性的綠屋頂政策架構，而不是直接的去支持它。要保持德國綠屋頂政策是很困難的，因為這些自治市不斷的在增加和改變政策。在一項對各自治市綠屋頂政策的問卷調查中，有些城市並未填寫這些問卷，有些城市則具有許多類型的政策，也因此，統計各種類型的綠屋頂政策也無法代表推行綠屋頂的城市的數量。

1994 年，德國的生態試驗雜誌（Öko-Test-Magazins）進行了一項花園相關專案活動補助經費的調查（Sabersky, 1994），其指出廣泛的綠色活動可以獲得財務上的支持。該項調查詢問了 186 個城市，每個城市的人口規模皆大於五萬人，並且請這些城市回答是否提供各種生態花園活動的補助。這些內容包括了：循環用水系統、移除不透水表面、施作綠屋頂、綠牆、植樹、種植野花草地、灌木或綠籬等等。四十八個城市則回答具有針對綠屋頂的經費補助。2002 年時，一家綠屋頂公司 Optigrün 匯整了德國有提供綠屋頂政策獎勵的城市清單，該項統計總共有 103 個城市。其中 51 個城市有直接獎勵，29 個城市有間接獎勵，35 個城市將綠屋頂作為自然保護的減緩措施，以及有 28 個城市在地方發展計畫中要求必須要施做綠屋頂。

根據 Krupka（2001）的統計，100 個德國城市擁有直接財務獎勵方案，其所提供的補助金約為每平方公尺 5-60 歐元（約台幣 200-2450 元）。大約有 25 個城市屬於北萊茵西伐利亞州（North Rhine Westphalia），這些城市以直接或間接的

⁹ Ngan, G., (2004) Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design. Available at <http://www.gnla.ca/assets/Policy%20report.pdf>. 檢索日期 2011 年 4 月。

財務補助鼓勵綠屋頂的施作，減少逕流費的徵收，並根據聯邦自然保護法案作為補償措施，且在地方發展計畫中要求必須要施做綠屋頂。



Stefan Zeller (2002) 的研究則指出，其問卷發放給 1988 個自治市，詢問是否具有綠屋頂政策與效益評量系統，他回收了 355 份，其中 44 個城市有提供綠屋頂獎勵，30 個城市有直接財務獎勵，以及 11 個城市有間接財務獎勵，3 個城市兩者皆有，19 個城市正在制訂綠屋頂的獎勵措施；161 個城市將綠屋頂和開發管制結合，且有 70 個城市跟進，並開始在開發管制中納入檢查項目；29 個城市具有效益評量系統（24 個不同種類的評量系統），以及 73 個城市要求公共建築必須施作綠屋頂。

2004 年一月時，FBB (Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V) 完成了一項針對超過一萬人的自治市的綠屋頂調查，該協會是德國最主要的綠屋頂協會。總共發放給 1488 個城市，回收了 398 份 (27%)。然而，儘管有些城市具有綠屋頂政策，卻沒有寄回問卷。結果顯示，70 個城市提供直接財務補助，201 個城市提供暴雨稅的減免折扣，145 個城市在地方發展計畫中要求施作綠屋頂。補助金往往都會超過每平方公尺 10 歐元 (約台幣 418 元)。在自治市的污水處理費中，綠屋頂通常可以獲得 50-100% 之間的減免折扣，和傳統屋頂比較起來，綠屋頂平均每平方公尺可以節省 0.5 歐元 (約台幣 21 元)。

三、 政策成效與經驗教訓

德國綠屋頂政策目標多元且眾多，都是為了要改善整體城市景觀品質，但是影響因子眾多，不可能精確量化所有的效益。然而，生境面積因子 (BAF) 卻廣泛受到建築師和業主的正面評價。由於 BAF 方便使用且可以立即看到視覺的改善

與節能措施，留給設計師和業主在設計建造上有很大的彈性和創造性，且 BAF 具有和其他規畫指標相同的邏輯，因此 BAF 應用在目前的都市和社區依然可以運作良好。



綠屋頂並沒有特定的設計準則或效益目標，但是必須要遵循產業標準，因此技術問題非常重要。綠屋頂剛開始發展時，其設計標準還沒有發展健全、工人也缺乏知識與經驗，導致綠屋頂有許多的問題，諸如介質的流失、缺乏防水層造成漏水和維護管理不當等，因此開始避免使用根系生長會破壞防水層的植栽。訓練公務員學會使用 BAF 並不困難，因為 BAF 非常相似於常用的規畫工具。然而，柏林當時有公務體系人力缺乏的問題，逐一檢查案件是否符合 BAF 的準則具有難度，往往在過了數年之後綠屋頂檢查才會通過，因此會受到公部門行政效率問題的影響。



第三節、日本東京綠屋頂政策發展與推行

2000年以前，東京都政府規定佔地1000m²以上的建築物（不論新建或增建，公有建築在250m²以上）都必須接受綠化指導計畫。該年12月時，東京都政府修訂「東京都回復及保護自然相關條例」，將屋頂綠化的工作從『行政指導』轉變成『執行義務』。該條例於2001年4月起實行，要求建築面積1000m²以上（公共建築在250m²以上）的新建、改建及擴建等建築，其外部結構的綠化面積必須要達到20%以上，若違反條例則處以最高20萬日圓的罰款。

2001年5月時，國土交通省設立「綠化設施整備計畫」議定制度。在制度中規定政府劃定的「重點綠化地區」內，只要企業及企業單位達到屋頂綠化標準即可申請5年減半繳納「固定資產稅」的優惠。而許多地方政府透過設立補助金制度，和對於已經做屋頂綠化的建築物給予增加容積率等方式來作為獎勵措施。同年，日本政府開始獎勵綠屋頂的設置，以經費補助、獎勵容積、減免賦稅、低利貸款及贈送苗木等方法推動綠屋頂政策，開啟日本的綠屋頂商機。2002年五月，在國家的減稅制度設立的一年之後，第一宗享受減稅優惠的單位才開始併入統計數字。雖然「固定資產稅」可以減半繳納，可是只以綠化設施作為的對象，並不包含建築本體，而且享受減稅優惠的期限不能超過五年，顯然誘因不足。

2004年，日本制定景觀三法時，將既有的「都市綠地保全法」更名為「都市綠地法」，並增加條文創設「綠化區域制度」，此制度乃針對大規模開發的建築物管制的強制綠化率，使高樓林立的水泥森林增加綠色空間。該年4月之後，東京都進一步強化標準，除外部結構以外，可利用的屋頂的綠化面積也要達到20%以上，包括建築物外部面積及可利用的屋頂面積都必須綠化。2005年10月，新的制度規定容積在1萬m²以上的大樓，要求達到（1）建築物斷熱指標（2）設備節能指標（3）建築物長壽指標及（4）綠化量指標等四項的條件，綠屋頂包含在「綠化

量指標評價」中。若是非住宅類的大樓，則必須提出「環境計畫書」以供審查。2006年5月，由東京都內7個區所組成的Committee to Promote Cool roof協議組織，開始協助推動屋頂綠化事業（費用補助）。



然而，2000 年東京都政府發表的「綠色東京計劃」設定至 2015 年內要達到 1200ha 的綠屋頂面積，然而到 2011 年為止，全東京都的綠屋頂面積依然只有 195ha（195 萬 m^2 ）。

表 13 東京逐年綠屋頂增加面積

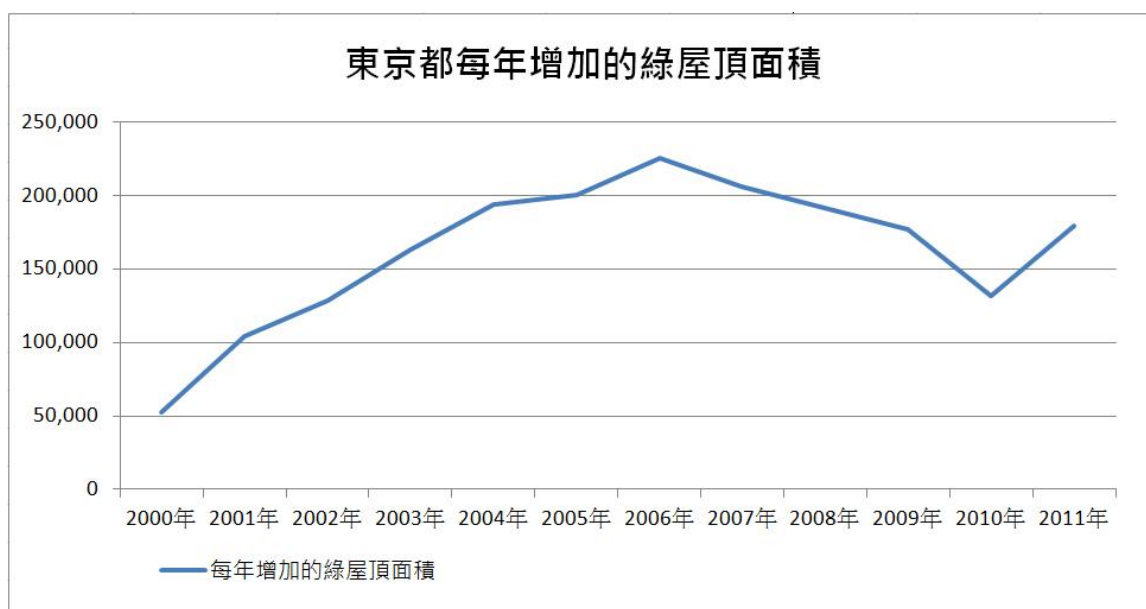


表 14 東京屋頂綠化指導成績

東京都屋頂綠化指導成績															
	項目	單位	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	合計
1	有申報的 綠化計畫書	件	1,018	1,122	1,198	1,237	1,147	1,226	1,271	1,185	1,096	1,083	1,053	1,146	13,782
2	須義務執行屋頂綠化的建築物數	件	532	573	621	731	592	677	651	645	565	452	534	532	7,105
3	該執行綠化計畫的建築物數	件	290	369	376	434	399	510	484	487	498	372	380	397	4,996
4	屋頂綠化面積	m ²	41,137	72,877	89,413	119,967	138,185	145,124	167,105	152,964	153,783	152,517	112,178	147,365	1,492,615
5	地上綠化面積(從屋頂轉移)	m ²	11,291	31,535	39,066	43,043	55,370	55,219	58,227	53,006	37,459	24,052	19,635	31,609	459,512
6	屋頂綠化指導成績	m ²	52,428	104,412	128,479	163,010	193,555	200,343	225,332	205,970	191,242	176,527	131,813	178,974	1,952,127

統計至 2012 年 6 月 22 日

(資料來源：東京都環境局自然環境部)

管制日本綠地空間的上位法規為都市綠地法，其中的各項法條中，明文規定各縣市得自行訂定綠基本計畫，畫設綠化重點區域，制定最低綠化率與綠化設施整備計畫，其中的綠化內容包含了屋頂綠化、壁面綠化與地面綠化。都市綠地法的相關架構如下圖：



圖 12 日本都市綠地法架構

資料來源：蔡厚男（2013），*綠屋頂技術手冊*

東京都採用多種政策工具做為推行綠屋頂的輔助，可分成三種類型：管制策略，也就是強制性的屋頂綠化的管制措施；誘導策略則包含了間接的財務獎勵措施，諸如容積獎勵和稅制減免；配套措施指的是減輕屋頂綠化成本的直接財務獎勵，經費補助、低利貸款和贈送苗木等，皆屬於直接減輕計畫花費成本的推行措施。

一、 管制策略

管制策略的可以細分為兩個部分，一個是基地本身需達到的法定最低綠化率，可將屋頂綠化及壁面綠化列入綠化面積的計算。由各縣市政府針對綠地不足的區域，依照各縣市政府提出的Green Master Plan，參照都市計畫法規劃綠化區域。在綠化區域內大規模開發的建築物除遵守原土地使用分區的容積率、建蔽率及建築法規規制外，尚需符合最低綠化率。設定最低綠化率的目的是為了使各縣市政府的綠化主管機關或都市計畫主管機關能配合建築完工時的確認及檢查。開放屋頂

綠化及壁面綠化列入綠化面積的計算中，可以有效的解決地面（基盤）綠化先天物理環境條件的缺陷，讓地面空間作更妥善的使用，並促進屋頂綠化的普及。管制策略的另一部分是強制屋頂綠化，其強制規定大規模的建築開發，必須要綠化一定比例的屋頂面積，是管制策略的主要內容，也是東京都屋頂綠化推行的核心工具。在東京都自然保護與回復條例施行規則的第六條中，有明文規定建築物的屋頂綠化標準，其規定如下：

表 15 屋頂綠化義務規定

基地劃分	基地規模	面積
A. 適用於綜合設計制度的建築物，包括了重劃區與高密度使用區的建築皆須提出屋頂綠化計畫書	不到 5000 平方公尺的基地，或不到 1000 平方公尺的公有建物。	30%
	5000 平方公尺以上的基地，或是 1000 平方公尺以上的公有建物。	35%
B. A 以外的所有建築物	不到 5000 平方公尺的基地，或不到 1000 平方公尺的公有建物。	20%
	5000 平方公尺以上的基地，或是 1000 平方公尺以上的公有建物。	25%
資料來源：東京都自然保護與回復條例施行規則第六條		

屋頂義務綠化的基地規模，依照東京都各個區的發展條件與背景的不同，而會有更加嚴苛的規模條件，但是都必須符合東京都自然保護與回復條例所訂定之最低屋頂綠化面積。以東京都文京區為例，其規定民間開發基地面積超過1000平方公尺，公共設施建築開發超過250平方公尺時，需向文京區公所提出綠化計畫書，並繳交副本給東京都政府。依照文京區綠化保護條例施行規則，開發計畫必須要符合「綠化對象面積」及「植栽樹木數量」等二項要求。

綠化對象面積的計算方式如下：



民間設施： $[\text{基地面積} \times (1 - \text{建蔽率}) \times 0.2] + (\text{屋頂可利用面積} \times 0.05)$

公共設施： $[\text{基地面積} \times (1 - \text{建蔽率}) \times 0.3] + (\text{屋頂可利用面積} \times 0.05)$

綜合基築計畫： $(\text{基地面積} - \text{建築面積}) \times 0.3$

植栽樹木的基準的計算方式如下：

喬木的數量： $\text{綠化對象面積} \div 4$ （4平方公尺是一棵喬木的綠化面積）

灌木的數量：植栽間距在0.6m以內

二、誘導策略

誘導策略可以分成容積獎勵和稅制減免，作為施作屋頂綠化的誘因，其無法直接減少屋頂綠化工程的成本，卻能提供間接的財務獎勵。各項誘導策略的標準依各個區的指導計畫的不同，略有出入，這邊以中央級屋頂綠化減稅制度舉例。

2001年5月，修正都市綠地法時一併創設獎勵制度，基地內的綠化達到標準時，經由行政首長的認同，便能享有減輕房屋稅及地價稅的優惠，主管機關為國土交通省。獎勵對象依照都市綠地法所劃設的綠化區域、建築物和基地面積等，而有不同的稅額減免，見下表。

表 16 東京都自然保護與回復條例施行規則

地區、地域	綠化重點區域			綠化地區	
	地區計畫 不受限於 綠化率條例的區域	地區計畫受限於綠化 率條例的區域			
建築物	新建物或是既有建物等這兩種狀況的對象				
	—	建物綠化 率規範對	非建物綠 化率規範	建物綠化率 規範對象	非建物綠化率規 範對象

		象	對象		
敷地面積	1000m ² 以上	300m ² 以上			
綠化設施	改建和增設這兩種狀況的對象				
綠化面積	綠化率20%以上（包含既有的綠化面積）				
綠化設施和對象	綠化全體設施	必須要義務履行最低限度的綠化設施	綠化全體設施	必須要義務履行最低限度的綠化設施	綠化全體設施
減稅種類	固				
優待措施	課稅標準×1/2	課稅標準×1/3	課稅標準×1/2	課稅標準×1/3	課稅標準×1/2
期限	五年				

資料來源：東京都自然保護與回復條例施行規則

假設一個位於綠化重點地區的綠化工程，總工程費為日幣5,000萬元，建築耐用年數為20年，固定資產稅率為1.4%，課稅標準為1/2，則五年的稅制減免可以減少繳交133萬日幣的資產稅，約佔總工程費的2.7%左右。

另一個主要的誘因是容積獎勵制度，主管機關為東京都都市整備局，並藉由都市開發制度加以規定綠化基準值和綠化誘導值。當綠化率超過綠化標準時，即給予相對應的容積獎勵，約5%至7%；若基地的綠化率低於綠化基準值，則開發容積將會減少5%作為懲罰，迫使開發的綠化程度一定得滿足綠化基準值，並進一步的吸引開發商增加綠化率來獲得更高的容積獎勵。然而，各類型的容積獎勵總額不得超過土地使用管制的容積獎勵上限。

三、 配套措施

配套措施的目的在於直接減輕計畫花費所需之成本，藉此讓開發計畫的得以順利進行，包括經費補助、低利貸款和贈送苗木等。各項配套措施的標準及施行與否則依各區所訂定之輔導計畫略有出入。



多數地方政府也都採行補助金制度做為推行綠屋頂的主要工具。前面所提推動「綠屋頂」為強制執行，其普及化成效有限且對現有建築無法產生作用，因此有許多地方自治單位，推動建立獎助金的制度。在補助金制度上，日本最大的單位是 Committee to Promote Cool roof 的協議組織，此組織是為推動東京的環境及經濟發展，由七個區公所（首都圈內的）及東京都政府共同組成，並由中央的環境部提供資金，協助在屋頂綠化或採用高反射塗料的施工方法上，就設計費、材料費及機械設備費等補助，最高提供總工程費的二分之一，其中屋頂綠化的補助上限是200萬日元，高反射塗料的部分是500萬日元，補助對象是東京都心內的大樓。

融資貸款的獎勵對象設定為屋頂面積 $2,000\text{m}^2$ 以上之商辦大樓，且綠化面積占屋頂面積50%以上或綠化面積達 500m^2 以上之綠屋頂，提供最高總工程費40%的融資貸款。

東京推行綠屋頂的目的在於增加都市綠化的面積並減緩都市熱島效應、改善都市環境問題，因此其被劃分在都市綠地法的管轄中。由於綠屋頂屬於建築開發事業之一，因此綠屋頂推行之相關法規及強制性條例，多結合地區層級的開發管制條例和綠化計畫。日本東京都自行將其政策工具分為三個非光譜排序的類別，為管制策略、誘導策略及配套措施。其部分類似於Howlett與Ramesh依照國家涉入程度對政策工具的分類：強制性政策工具、混合性政策工具與自願性政策工具，然其並非依照國家涉入程度作劃分，不可將兩者混為一談。

東京都推行綠屋頂之政策目標為15年內達成屋頂綠化1200公頃之成績，然而，至2011年為止所累積之綠屋頂面積只達195公頃，離2015年的1200公頃的政策目標，尚有很長遠的距離。且從2006年開始，逐年屋頂綠化的成績逐漸下降，政策工具的成效與發展應該被檢討。



第四節、 韓國綠屋頂政策發展與推行¹⁰

為積極應對全球暖化問題，韓國政府以低碳綠色理念制定《構建低碳綠色城市規劃指南》。指南指出應擴大現有市中心區的屋頂綠化面積，並積極引導環境友善能源的開發。韓國政府遂開始積極推行綠屋頂。

1970年制定的建築法第32條對建築周邊綠化有明確的規定，具體規定應按照地方政府制訂不同標準的屋頂介質厚度、植栽和綠化面積等。1999年11月，韓國環境部發行《普及型屋頂綠化指導手冊》，對綠屋頂的設計、施工及養護管理訂定相關規定。

2000年韓國建設交通部第2000-159號文件明確規定屋頂綠化面積的計算、種植、結構承載、介質組成與厚度、灌溉系統、排水系統、防水層及維護的標準，使綠屋頂的設置開始有系統的法制化。另一方面，《建築法》規定建築設計需依照地方自治條例所規定的綠化比例，綠化基地內固定比例的面積。《住宅建設標準規定》明確指出“在開發住宅用地時，30%以上的土地面積應作造景或綠化使用”，並認定屋頂綠化可納入土地綠化面積中。2002年韓國引進環境友善建築認證制度，實施屋頂綠化加分制度。不僅在住宅、辦公大樓上進行綠化，並在醫院、學校、圖書館等公共設施，以及飯店、百貨商場、停車塔和汙水處理設施上廣泛應用。

以低碳綠色成長為口號，韓國各大城市都在積極推行綠屋頂獎勵政策，各地區政府每年都在屋頂綠化項目投入大量預算已積極促進綠屋頂產業的發展。從2002年首爾市提出屋頂綠化經費補助開始，綠屋頂產業就循序漸進的發展著。根據韓國政府統計資料顯示，從2007年起綠屋頂數量激增，屋頂綠化的速度達到每

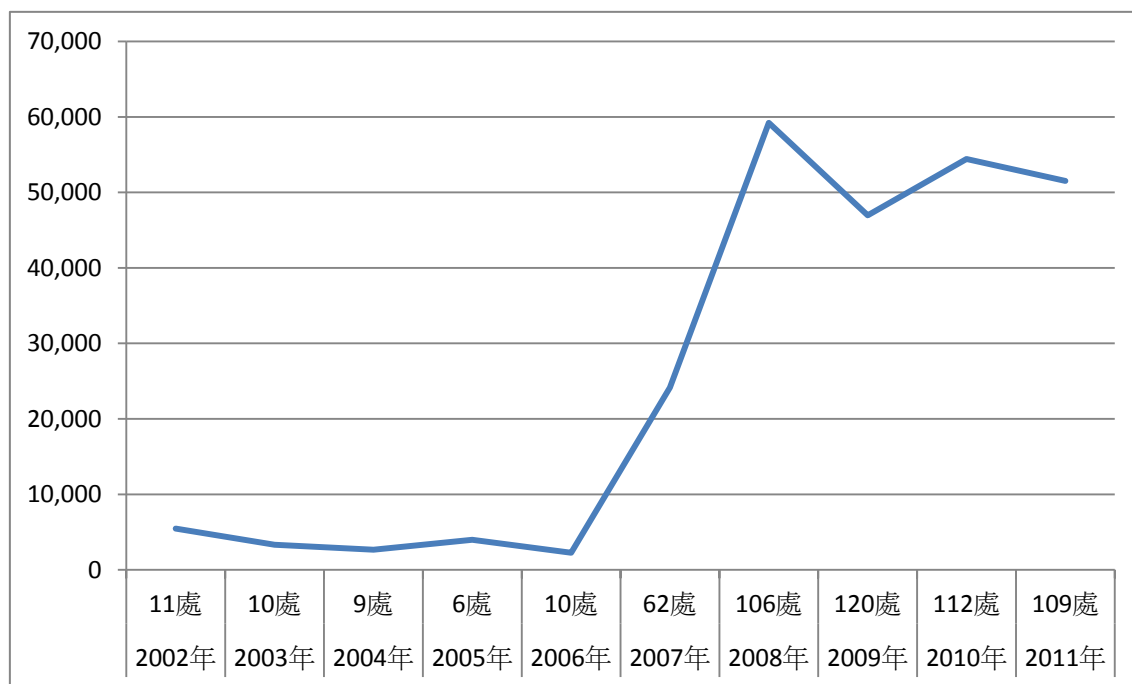
¹⁰趙紅霞與姜太昊（2013）。韓國屋頂綠化的激勵制度和技術。中國學術期刊電子雜誌出版社，文章編號：1000-6664(2013)02-0113-05。

年24,154平方公尺；截至2011年為止，首爾市共有565處建築物有設置綠屋頂，總面積達到253,976平方公尺。在綠屋頂獎勵政策下，京畿道從2005年也開始積極推動屋頂綠化事業，2009年屋頂綠化面積增加速度達到每年33,647平方公尺。

表 17 韓國首爾市綠屋頂推行面積與數量

年份	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
數量	11處	10處	9處	6處	10處	62處	106處	120處	112處	109處
面積 (m ²)	5,455	3,322	2,670	3,970	2,263	24,154	59,221	46,971	54,423	51,527

表 18 韓國首爾綠屋頂成長趨勢



一、 韓國綠屋頂法規與獎勵措施

2001年，釜山市率先推出屋頂綠化促進條例，即向相關部門提交屋頂綠化項

目計劃書便可獲得苗木補助。2002年，首爾市《保護綠地及促進綠化條例》第35條明訂“提交屋頂綠化項目計畫書，可獲得建築物結構安全診斷支援及補貼”。不僅在首爾市，其他城市的綠屋頂相關立法工作也在持續進行。2008年，首爾市根據《城市綠化條例》針對對環境利用度、市民利用率、開放性及公共性強的建築，優先給予屋頂綠化的經費補助。以此為契機，富川市、水原市、成南市等地方政府紛紛為擴大綠地和改善都市生活環境而開始推行綠屋頂。韓國綠屋頂補助方案的申請步驟、獎勵辦法如下表。屋頂綠化雖然在補助的規模、項目和範圍上有所差異，但都是以相對應的政府預算來補助部分施工費用，以促進公共和民間屋頂綠化事業的發展。因應對綠屋頂的積極性逐漸提高，各種各樣的綠化技術和產業鏈也應運而生。

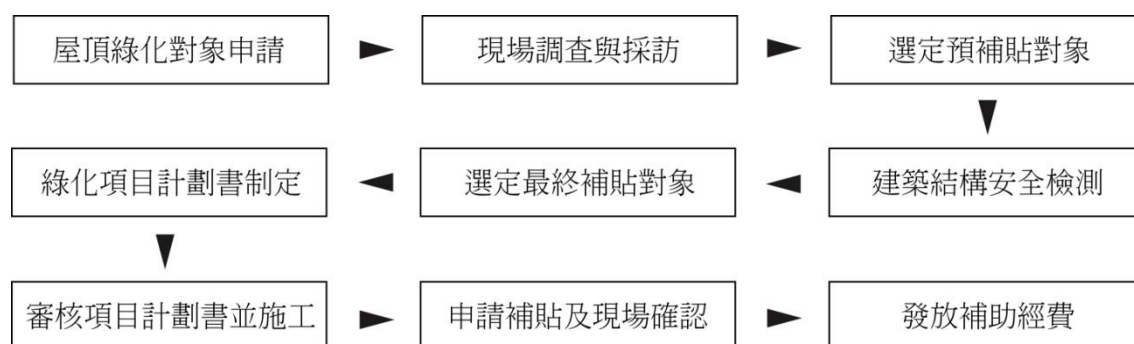


圖 13 韓國屋頂綠化補助方案申請流程

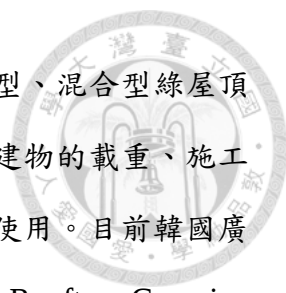
表 19 韓國各城市屋頂綠化獎勵制度與申請辦法

	申請方法與獎勵制度
首爾市	申請方法：向各區政府公園綠地科提交專案申請書 對象：屋頂可綠化面積為99平方公尺以上且結構安全或已竣工的建築 支援方式：專案結束後給綠化業主發放補貼或以30%~50%對等資金的形式補助 - 南山可視圈地區的補貼最高達15萬韓元/平方公尺 - 種植花草類為主的最高補貼為9萬韓元/平方公尺；種植喬木最高補貼為108,000韓元/平方公尺
京畿	申請方法：向京畿綠地財團提交專案申請書 對象：屋頂可綠化面積為30平方公尺以上包括已竣工的新建築(不包括法定的

道	義務造景面積) 支援方式：設計費和施工費的50%給予補貼；對備選物件進行建築結構安全檢測
鞍山市	申請方法：向鞍山市政府綠地科提交專案申請書 對象：無結構安全問題並在管轄範圍內的建築物 支援方式：在預算範圍內給予施工費的80%支援 - 支援樹木等造景材料時，在規定樹種範圍內，按照綠化項目計畫書所需數量提供80% - 提供財政與造景材料支援時，其總額度不能超過施工費用的80% - 各單位所提供的補貼金額不能超過2,000萬韓元(含設計費)
果川市	申請方法：向產業經濟科森林造景組提交專案申請書 對象：屋頂可綠化面積為60平方公尺以上包括已竣工的新建築(不包括法定的義務造景面積) 支援方式：專案結束後給綠化業主發放補貼或以30%~50%對等資金的形式補助 - 市政府提供70%(低於120,000韓元/平方公尺)的設計費和施工費(安全診斷、防水、施工) - 30%的屋頂綠化設計費與施工費由施工方出 *建築物租借者申請時需具有施工方同意書
馬山市	申請方法：向公園綠地科城市綠化部門或居民中心提交專案申請書 對象：申請日前已竣工並無結構安全問題的建築物或可綠化面積為99平方公尺以上的現有民用建築(已有的屋頂庭院面積(包括法定義務造景面積)除外) 支援方式：按設計費和施工費的50%給予補貼 - 以花草類為主的補貼為75,000韓元/平方公尺 - 混合型屋頂綠化和屋頂花園，土層厚度20公分以上，種植花草類或樹木補貼為90,000韓元/平方公尺

二、 綠屋頂分類系統

韓國城市依據綠屋頂種植基盤的類型、植栽種類、介質厚度區分綠屋頂的類型，根據介質厚度和管理與否分為低維管輕量型、維管重量型（等同於國內的屋頂花園型綠屋頂）、混合型屋頂綠化。由於維管重量型、混合型綠屋頂對建築載重能力要求較高，而現階段韓國的老舊建物比重達90%以上，因此只有在新建建築



物及載重能力較強的建築物上進行重量型屋頂綠化。維管重量型、混合型綠屋頂不但施工費較高，日後維護管理也需巨額經費的投入，因此從建物的載重、施工和維管面來看，以輕量型綠屋頂為主的屋頂綠化技術較被廣泛使用。目前韓國廣泛使用的屋頂綠化技術主要有模組型屋頂綠化系統（Modular Rooftop Greening system）、低維管輕量型屋頂綠化系統（A.R.T, Any Roof Top）、景天科型屋頂綠化系統（Sedum Rooftop Greening system）。

第五節、 都市綠屋頂政策先例經驗對工業區廠房推行綠屋頂的啟示



從上述先進城市案例經驗可以得知這些先例對於工業廠房推行綠屋頂的啟示為，以下條列式分項敘述之。

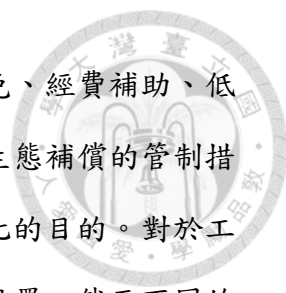
一、 透過中央部會政策推行，指導地方政府制定相關條例

德國中央政府制定綠屋頂的政策後，讓地方政府在綠屋頂政策的制定上有所依循並有很大的彈性，每個城邦可依照各自的地區氣候條件與環境目標而選擇適當的推行政策。例如透過容積獎勵鼓勵都市發展，徵收汗水費以減少點源暴雨逕流等。因此若我國欲於工業區推行綠屋頂，可從中央政策著手，將綠屋頂納入工業區綠化中並以科學工業園區設置綠屋頂作為示範案例。

二、 政府具有明確的政策目標和期望達成的環境效益

日本東京的政策目標主要為呼應京都議定書的節能減碳目標，以及減緩都市熱島效應。德國柏林則以生態城市與暴雨管理作為政策目標。清楚明確的政策目標和環境效益是不可或缺的，因此未來訂定綠屋頂政策時，不應單純的只是推行綠屋頂，重要的是其所能達成的環境效益，諸如暴雨管理或建築節能。以工業廠房而言，最先達成的效益應為建築節能，透過減少空調能源的使用達到節能減碳之目標。

三、 有多樣化的政策工具輔助，而非單一的政策工具



日本東京運用最低綠化率、義務綠化、容積獎勵、稅制減免、經費補助、低利貸款及贈送苗木等方式促進綠屋頂的推行。德國柏林則運用生態補償的管制措施、暴雨稅減免以及經費補助等政策工具，有效的達到城市綠化的目的。對於工業區廠房而言，應可以考慮上述的各種政策工具輔助綠屋頂的設置，然而不同的政策工具背後有不同的發展目標，像是容積獎勵是為鼓勵都市發展所設計，對於工業廠房而言可能並不適合，相對之下義務綠化、減稅或經費補助可能是可以考慮的作法。

第四章、南科工業廠房設置綠屋頂之成本效益分析

本章將說明選擇南科園區作為案例的理由、簡述其管理概況、建築類型與特徵，最後模擬南科園區的綠屋頂成本效益並提出日後推行綠屋頂的具體措施。主要是透過綠屋頂成本效益試算，提出一具體措施架構，目的是要指出如何讓綠建築的整體概念在南科落實。由於綠屋頂是低度養管的建築隔離層也是廠辦建築綠化的一部分，可以間接的對工業區環安衛有正面積極的效益，因此透過成本效益分析可以清楚了解設置綠屋頂的優劣、狀況和成本關係，進一步提出具體的推行措施。

第一節、南科園區案例選擇的背景和理由

台灣科學工業園區規劃的時間可以往前追溯至民國 50 年代，當時設置的目的在於升級國內工業技術水準並擺脫對先進國家產業的技術依賴，是當時國家六年經建計劃中的重要一環，也是台灣產業面對大環境區域經濟整合與重視高科技產業成長的趨勢。在竹科經驗之後，當台灣面臨經濟全球化的資本再結構與區域均衡發展問題時，台南科學工業園區也成為中央政府平衡南北區域發展的選擇，以及地方政府用來帶動區域都會發展的方法。

由過去竹科與工業局主管的編定工業區的發展經驗中可以發現，這些園區的實質內涵、產業內涵與國土空間規劃都是不清楚的(郭俊麟，2001)。因此南科的發展特色之一在於地方政府對於科學城的規劃與帶動周邊區域發展的特性，而非如同竹科發展過程中對新竹地區發展所造成的空間區隔(呂清松，1996)。南科 100 年年報(2011)中也明確指出南科從 2009 年成立「永續環境綠色園區」推動小組後，便朝著綠色產業、綠色交通、綠建築與綠生產四個主軸為發展方向，期望打造「低碳綠色」、「永續健康」、「在地共生」的科學園區，這樣的發展目標與綠屋頂

不謀而合。



綠屋頂作為屋頂薄層綠化的人造生態技術，讓切割城市生態系統的不透水建成環境仍保有基本的生態功能，因此綠屋頂應被視為城市生態網絡的一部分，同樣的建築屋突空間也應被視為城市生態網絡發展的目標項目。然而，該如何選擇綠屋頂的目標建築類型？從與綠屋頂暨立體綠化協會李理事長的訪談中可知，台灣目前推行綠屋頂的示範案例仍屬於示範計畫（demo site），尚未到大規模、系統性的推行。因為本研究目的在於提出台灣推行綠屋頂政策的概念架構，討論的對象層級應為較示範計畫更進一步的系統性示範推廣，所以推行計劃的建築類型、使用項目與屋突形式應盡量趨於同質化以方便推行管理。回歸建築使用項目的三種基本類型：住宅區、商業區和工業區，其中以工業區的台南科學工業園區最符合本研究案例分析的條件（平屋頂、屋突面積大、建築使用項目同質性高、低碳園區以及與大台南都會生態系統的串連），故本研究選擇台南科學工業園區作為本研究政策推行模擬案例的對象。因為案例分析的角度不能只將焦點放在工業用地此一狹隘的概念上，應考量以科學園區為主體的周遭城鄉發展與生態系統之關聯性。



第二節、南科園區的發展概述與管理現況

南部科學工業園區(以下簡稱南科)範圍包括台南園區與高雄園區，為行政院於 80 年「國家建設六年計畫」中確立「新設科學工業園區」的構想，於 82 年通過「振興經濟方案」並提出「增設南部科學工業園區」，並於 84 年 5 月核定南部科學工業園區籌設計畫(即台南園區一期基地)，90 年 4 月及 9 月再分別核定路竹園區(即高雄園區)及台南園區二期基地。其中台南園區位於台南市新市、善化及安定三區之間，面積 1,043 公頃，主要產業為光電、積體電路、精密機械、生技及綠能等產業。

而台南縣政府為配合園區發展，並在園區四周規劃園區特定區，面積超過兩千公頃，提供園區內無法設立所需日常相關服務設施(如觀光旅館、住宅區、商業區等)，由於科學工業園區有保稅要求且採承租方式，相較其他工業區為出售方式較不同，其規劃目標和構想也有所不同。¹¹

一、南科園區的發展概述

在新竹科學園區成功帶動台灣產業轉型後，行政院為加速促成我國高科技產業進一步成長與均衡區域發展，開始推動南部科學工業園區的設立。南部科學工業園區設立的主因從郭俊麟(2001)的研究中可以清楚知道是因為半導體產業擴廠空間需求、竹科第三期徵地困難、國家平衡區域發展的政策宣示，其中南部科學園區評選的過程中，地方政府與民意代表的強烈動員也代表地方期望透過科學工業園區帶動地方發展的目的。因此南科的規劃重點有別於早期竹科做中學的方式，開發前便將園區周邊兩千公頃土地畫為特定區以配合南科發展，園區的規劃特點為結合地區產業特色、整體區域發展的交通路網規劃、重視生態與環境保育、科

¹¹資料來源：中華顧問工程司，台南科學工業園區—台灣台南 1998。建築 Dialogue 第 29 期。

學城的整體發展。

配合園區開發時程及廠商建廠開工需要，於民國 86 年 7 月 8 日籌設「台南科學工業園區開發籌備處」，負責進行投資引進及辦理園區規劃與開發營運等相關業務，並於 92 年 1 月 25 日升格成立「南部科學工業園區管理局」。民國 89 年經濟景氣蓬勃時，台南園區一期可供建廠用地 80% 以上均已出租完畢，後續租地需求不斷湧進，為因應半導體與薄膜電晶體液晶顯示器（TFT-LCD）產業建廠所需大區塊建廠用地以承接景氣。另為協助解決高鐵行經台南園區一期對距高鐵 1 里以內振動敏感廠商所造成之影響，行政院張前院長俊雄先生於 90 年 5 月 17 日訪視南科時指示，加速台南園區二期開發。台南園區二期擴建計畫於 90 年 9 月 19 日經行政院核定。台南園區都市計畫(台南科學工業園區特定區計畫(科學園區部分))經內政部 90.12.14.台九十內營字第九〇六七六五九號函核定在案，其後歷經 7 次個案變更及一次通盤檢討。現行都市計畫為內政部 100.9.21 台內營字第 1000807961 號函核定暨 100.10.14 台南市政府發布實施。¹²

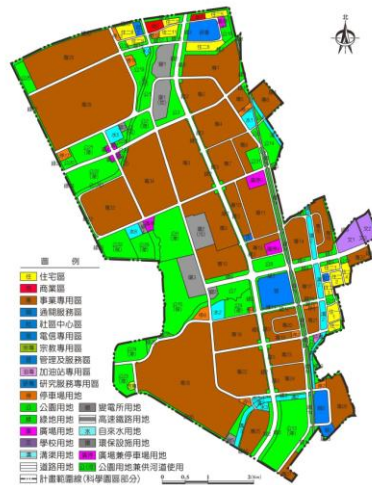


圖 14 南科土地使用分區(資料來源：南部科學工業園區網站)

總面積為 1043.15 公頃，計畫年期為民國 110 年，計畫引進之就業總人口為

¹²參見南部科學工業園區網站 <http://www.stsipa.gov.tw/>

103000 人。包括事業專用區(最主要使用分區、523.83 公頃)、住宅區、商業區、管理及服務區、通關服務區、社區中心區、電信專用區、加油專用區、研究服務專用區、宗教專用區及公共設施用地，包括學校用地(南科實中 10.37 公頃)、停車場用地、廣場兼停車場用地、公園用地、公園用地兼供河道使用、綠地、廣場用地、環保設施用地、自來水、變電所用地、溝渠用地及道路用地。

表 20 南科土地使用分區面積

項目		變更後計畫	
		面積(公頃)	百分比(%)
土地 使用 分區	事業專用區	523.83	50.22
	住宅區	22.29	2.14
	商業區	3.02	0.29
	文教區	0.00	0.00
	研究服務專用區	7.00	0.67
	管理及服務區	11.45	1.10
	通關服務區	6.79	0.65
	社區中心區	1.73	0.17
	電信專用區	0.56	0.05
	加油站專用區	0.52	0.05
	宗教專用區	0.61	0.06
	小計	577.80	55.39
公共 設施 用地	學校用地	10.37	0.99
	停車場用地	9.55	0.92
	廣場兼停車場用地	7.38	0.71
	公園用地	166.91	16.00
	公園用地兼供河道使用	5.24	0.50
	綠地	76.94	7.38
	廣場用地	1.28	0.12
	環保設施用地	23.92	2.29
	自來水用地	11.36	1.09
	變電所用地	10.01	0.96
	溝渠用地	16.29	1.56
	道路用地	126.10	12.09

	小計	465.35	44.61
	合 計	1043.15	100.00

(資料來源：南科公共藝術設置計劃書)

截至 2011 年底，累計有效核准廠商家數計 179 家，員工 62,344 人，年營業額 5,794.13 億元。其中積體電路代工及設計業產值分居全球第一、二位，園區歷年平均營業額約占全國製造業 8%，而一期基地開發面積 638.15 公頃，自 85 年 7 月開始動工。86 年 01 月起開放科技廠商駐 10 區同步建廠，並於 87 年 07 月起陸續提供水、電、污水處理廠、標準廠房、宿舍、聯外道路及相關建築、景觀綠化等公共工程，讓廠商開始營運、量產。二期基地開發面積 405 公頃，開發期程為 89 年 05 月至 105 年 12 月。開發所需土地於 92 年度已全部取得同時加速辦理西南區及西北區開發工程及安順寮排水整治工程。

二、 規劃目標與構想

台南科學工業園區當時由國科會委託財團法人中華顧問工程司進行園區開發工作，透過當時的規劃設計目標和構想可以更清楚了解南科園區都市設計的全貌。以下規劃目標和構想、圖面整理自建築 Dialogue 雜誌。¹³

(一)、 規劃目標

南科園區的規劃目標有五：1. 建立對高級記述研究人員及投資者具有高度吸引力之工作、居住及投資環境。2. 配合引進高科技產業種類，規劃良好之公共設施和公用設備系統，以強化高科技產業發展機能。3. 依不同高科技專業區之設立和分區開發原則，提供循序開發之計畫並預留發展彈性。4. 土地使用規劃應與工程相互配合以達到初期發展投資與長期管理維護費用合乎經濟之要求。5. 園區之規劃應與臨近地區及自然環境維持良好之關係以便利計畫之執行。

¹³資料來源：中華顧問工程司，台南科學工業園區—台灣台南 1998。建築 Dialogue 第 29 期。

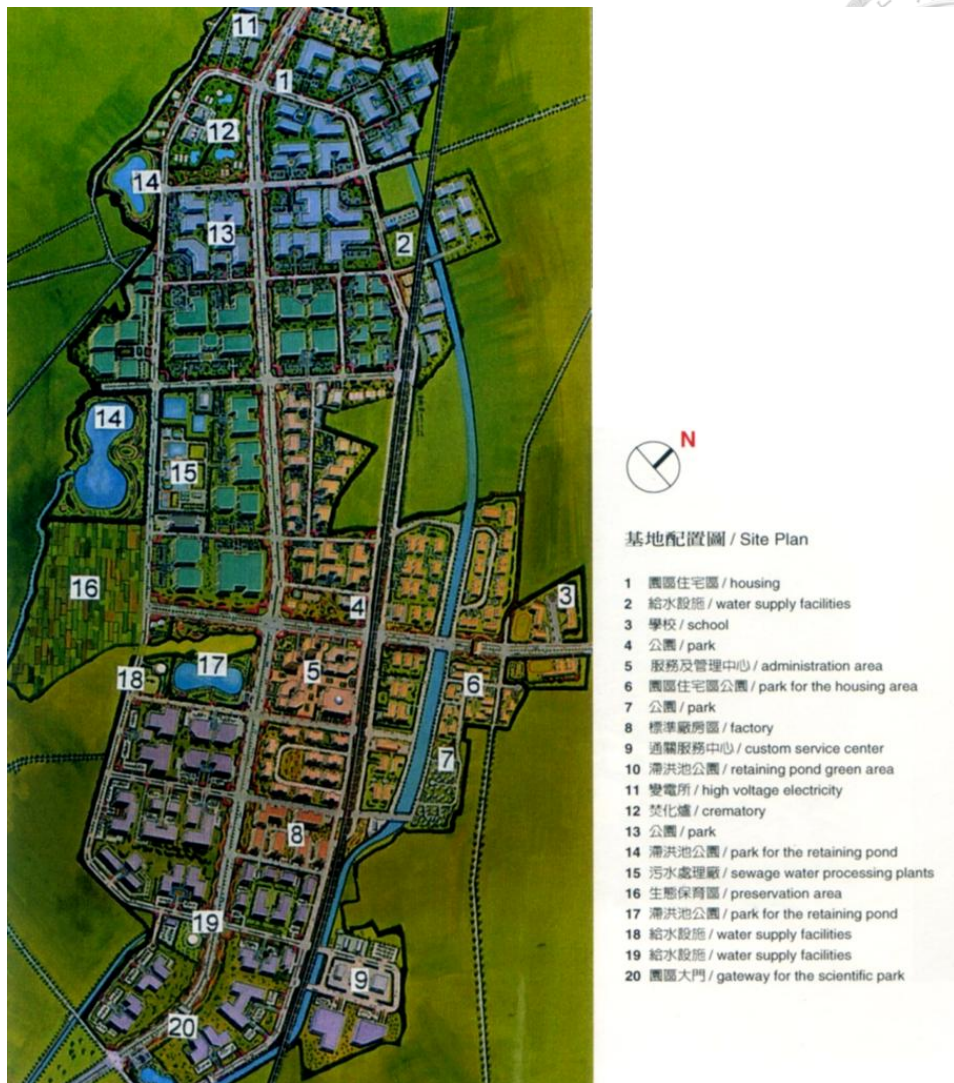


圖 15 基地配置圖



圖 16 園區大道示意圖



圖 17 滯洪池公園示意圖



圖 18 園區住宅區示意圖

(二)、 規劃構想

規劃構想明確指出園區道路系統配置、貨物運輸系統、排水整治計畫、園區綠化緩衝等土地使用計畫，因為南科園區的規劃是以高科技產業城市作為都市設計的發想，也因此南科園區的規劃企圖保持台難過去農業土地發展的脈絡，以較低建蔽率的方式維持鬆散的都市結構，以減少密集高科技廠辦對周遭農地的影響，並保留台南過去農村散落的土地發展結構。以下詳列南科園區的規劃構想：

1. 在考量填土需要，以及南側地區排水整治計畫辦理情形，園區分為兩期規劃和開發。
2. 依園區保稅、出入管制及聯外道路構想，規劃適當之客貨分離之運輸動線，規劃南北向和東西向之主要客運幹道分於東側、南側及北側設三處出入大門。

- 
3. 通關服務中心用地則宜鄰近進出大門，園區四周將留設綠帶以作為緩衝隔離邊坡及環區道路使用。
 4. 依整地排水構想，環保中心將設於地勢低處，內含汙水處理廠和環境監測站，其他公用設備事業除依需求佈設外，並考量與四周土地相容性。
 5. 聯外道路規劃應避免拆除民房，區內現有鄉道、排灌水路在不影響原有功能下，配合土地使用計畫予以改道。
 6. 道路系統規劃應考慮客貨動線分離原則，通關服務中心應鄰近大門，其貨物運輸有獨立動線。

除以上規畫目標及構想，科學園區管理局對園區之土地使用強度除參考現行法令規定外，依據新竹科學園區之開發經驗訂定園區土地使用分區管制要點，並考慮都市設計之視覺美學，對建築物景觀作適度管制。

三、 南科園區的管理現況

南部科學工業園區的評選打破過去中央決定重大工程建設的現象，因此也讓南科的擬議過程充滿政治角力與強烈地方動員，在「加速高科技產業發展」與「平衡區域發展」的政策軸線下，令人不得不省思背後的政經邏輯(郭俊麟，2001，46頁)。我們可以清楚的知道，南科的投入對於區域產業經濟發展有必然的影響，而地方政府也從社會服務提供者的角色轉化為資本的聯盟者，在全球化區域產業的轉變與地方產業的結構轉型下，空間發展回應也都具體反映在都會區的營建環境中。南科的空間發展不能再以過去孤立式或零散式的傳統工業區發展模式來思考，而需從區域空間發展來重新檢討南科台南園區與周邊土地的關係，如此一來也才符合南科科學城結合產業、生活與生態的概念。

(一)、 土地開發條件



台南科學工業園區第一、二期之土地面積共計 650 公頃，其土地權屬於國營事業台糖公司之非都市土地一般農業區及特定專用區，用地取得方式採取非都市土地變更為工業區（610.41 公頃）及鄉村區（28.00 公頃）之途徑，然後由台糖公司以設定地上權之方式提供土地予南科管理局使用，兩者共同開發，而園區管理局則以期付地租、權利金取得土地使用權；至於園區內台糖以外之土地則採取徵收方式，花費約 8 億元(葉琇婷，1987)。園區周圍區域約 2000 公頃土地，由台南縣政府開發為「台南科技園市特定區」。

南科與周邊土地的空間關係從土地開發條件即可得知，1990 年在國科會的委託下由台大城鄉所華昌宜教授負責『設置第二科學園區可行性研究』報告中指出。根據國內外科學工業園區的發展經驗，對於第二科學園區的候選基地設定提出數項基本條件，並發公文給各縣市自動提出符合條件的土地區位，基本條件如下：

1. 土地面積在 300 公頃以上，基本適合整體開發，保證能順利取得。
2. 基地平均坡度在 30%以下，地層穩定。
3. 每天可供應 36000 公噸以上之已開發或可供開發的水源。
4. 離地方生活圈中心車程在 45 分鐘以內，且鄰近地區已有或籌設中相關科技之大學或研究機構。
5. 基地位址如屬非都市土地，應在該區域計畫允許變更範圍內，但不可位於水源保護區及特定農業區。

這樣的土地條件猶如造鎮計劃一般，作為科學工業園區之外本身所能提供的工作機會與地方發展指日可待，也因此各縣市在評選過程中積極參與，為的不外乎是想透過中央資源的投入提升地方發展。然而如此科技理性的思考邏輯，往往容易讓我們忽略更重要的環境營造內涵。在這樣平緩的大面積土地上，南科的設

立勢必牽連大台南的生產、生態與生活的三生發展，園區建管的角度更應考量綠色基礎設施的串連。也因此南科的施政主軸除了持續發展產業聚落之外，尚積極於建構永續環境和推動文化藝術。⁴相形之下，公共空間與綠地系統更顯得重要，也讓綠屋頂有更多著墨的空間。

(二)、 永續環境綠色園區計畫

推動永續環境綠色園區國科會所屬南科管理局推動綠色科學園區成果獲各界肯定，99 年 6 月獲內政部建研所指定臺南園區為全國綠色生態社區(EEWH-EC)示範案例；南科積極推動綠建築輔導、推動節水及節能輔導等事務，以期成為全國第 1 座鑽石級生態社區標章認證園區。具體成效如下：¹⁴

- (1)南科鑽石級綠建築共 6 座，為認證標章密度最高之科學園區，占全國 3 分之 1。
- (2)辦理園區環工中心及資源再生中心碳盤查，為全國第 1 家通過國際驗證機構碳足跡認證之工業區污水處理廠
- (3)南科依據 GRI 規範撰寫「環境報告書」，公開揭露園區資訊，100 年撰寫之「環境報告書」已通過公正第三者查證。
- (4)提升綠化量新植約 10 萬棵樹木，綠化面積占全園區總面積之 45%。
- (5)設置太陽光電發電系統：截至 101 年 3 月底止，累計設置 2,624kw，發電量 287 萬度，年減碳量為 1,757 公噸，期成為申設太陽能發電系統設置案件最多的園區。
- (6)南科執行「永續環境綠色科學園區行動計畫」榮獲 100 年行政院國家永續發展獎。

發展園區低碳綠能產業，截至 101 年 1 月底止，引進如綠能、達能、美環、

¹⁴資料來源：南部科學工業園區 100 年年報

勝一及碩禾、唐榮車輛科技等太陽能、LED、電動車廠商進駐，積極打造太陽能產業鏈及LED產業聚落，並推動南科電動車產業之發展，總計引進新投資案金額約105億元。後續將持續透過產業輔導、市場行銷及結合地方政府擴大應用端需求等配套措施，推動綠能、節能、儲能及電動車等低碳產業之發展。¹⁵這些都顯示出南科帶動地方發展的企圖與著重在產業面、生態面和生活面的發展。

(三)、 管理局的角色扮演

南科主管機關為行政院國科會，並透過「科學工業園區管理條例」於園區設置管理局，由南部科學工業園區管理局(南科管理局)負責掌理廠商設廠、通關、設資、營建等事項，管理局直屬行政院國科會而不受地方政府管轄，並由國科會設置園區指導委員會，負監督、指導及決定之責。園區內的土地及標準廠房皆採用出租的方式，而廠商亦可另外承租土地後自建廠房。科學工業園區吸引廠商的主要原因之一即在於土地為出租而非出售，廠商可以用低廉的價格取得設廠所需之土地或廠房。

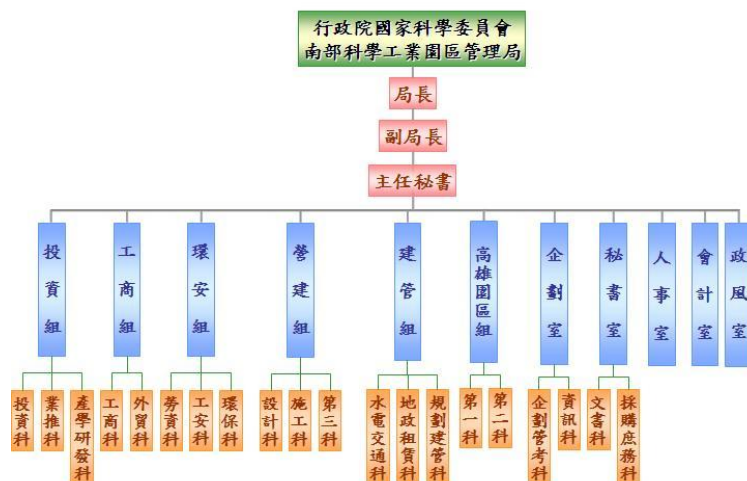


圖 19 南科管理局的組織職掌

資料來源：南科管理局網站，<http://www.stsipa.gov.tw/>

¹⁵資料來源：南科公共藝術設置計劃書



南科管理局目前依照中央政策(經濟部能源局)的再生能源政策方針致力在園區內推行太陽能光電板，目標是將南科建立成全台灣太陽能板最密集的地區。在園區發展方向上遵循中央部會的政策方向，因此推廣太陽能光電板為主而非綠屋頂。主要鼓勵的方式透過能源局的預算補助以及台電配合能源局推行太陽能計劃而推出的電能躉購方案。在這之中，南科管理局扮演著推廣、建議的角色，當廠商願意施作太陽能光電板並轉售電力給台電時，則需要身為土地所有人的南科管理局的許可，管理局的態度對此都是樂見其成。對這些眾多南科廠商而言則是希望透過設置太陽能光電板來獲得綠建築標章所帶來的容積獎勵以及躉售電費的回收。因為太陽能光電板的回收年限至少需要 20 年，補助、獎勵、賣電回收、綠建築標章的取得對廠商來說是非常重要的，所以廠商施作太陽能屋頂的立場依然是從實質經濟利益考量出發，從此可以再一次的確定財務獎勵對廠商的重要性。然而，因為綠屋頂相對於太陽能光電屋頂目前能獲得的實質財務回饋較少，反而對廠商的吸引力不高，以及先前所提過的政策發展方向不同，所以南科管理局的態度也因此較不支持綠屋頂的施作。¹⁶

¹⁶資料來源：A2 訪談



第三節、南科工業廠房的建築類型與特徵分析

本節分析南科工業廠房的建築類型及其特徵，從南科引進的產業類型、產業使用的建築類型至其特徵，指出南科工業廠房的建築類型適宜設置綠屋頂的原因。

一、南科工業廠房的產業與建築類型

「國家建設六年計畫」中對於工業發展重點指出：近年來，國內工資上漲，環境保護意識高漲，使我國競爭優勢漸消失，導致攻葉成長緩慢及製造業出口成長減退，為突破成長瓶頸，開拓新的成長空間，政府提出適合我國發展的新興工業，包括：1.通訊工業，2.資訊工業，3.消費性電子工業，4.半導體工業，5.精密器械與自動化工業，6.航太工業，7.高級材料工業，8.特用化學品製藥工業，9.醫療保健工業，10.汙染防治工業。故南科的產業發展也配合著國家建設六年計畫的重點項目。台南園區基地的初步開發構想希望能升級地方產業，並發展科技層次較高的工業產品，因此產業引進之原則訂為以下四項：

- 1.以低耗水、低耗能之高科技產業為考量，
- 2.以扶持新興策略性產業為考量，
- 3.與既有產業有水平及上下游整合者為考量，
- 4.經濟有效分享共用裝備與通用設施為考量。

因此主要引進的產業類項為通訊、電腦及周邊設備，精密機械，生物技術，光電，半導體等五類。南科的廠房用地以標準廠房和自建廠房兩者為主，屬於廠辦複合的室內作業產業。而為協助無法租地自建廠房之小型廠商或僅需研發空間無需租地自件者使用，由公部門興建標準廠房供其作為研究空間，其中經費預算

以標準廠房每平方公尺 1.75 萬元計，為鋼筋混凝土構造 6-8 層。¹⁷

南科管理局為推動南科園區之開發建設，計劃興建標準廠房供入園之中小規模廠商租用，以降低廠商初期投資成本，加速達成扶持廠商設廠營運之目的，進而達到吸引高科技廠商進入南科園區投資設廠之目標。以南科園區標準廠房第一期新建工程為例，其工程內容為興建地上四層、地下一層之 R.C 造標準廠房二棟，每棟每層四個單元，每單元 160 坪，共計三十二個單元。結構與材料採用鋼骨結構加鋼筋混凝土構造，外牆貼氧化還原二丁掛磚。本廠房規劃之特色在於每層四個單元均可打通、擴充，以應承租廠商之彈性需求，同時集中設置服務核心，以降低其公設比至百分之二十，此一公設比例相較於過去竹科標準廠房之服務空間比例（約在百分之二十八以上），效率增加可觀且爭取到最大之作業面積。故最大之擴充彈性與最大之廠房使用面積，為標準廠房規劃之特色。¹⁸

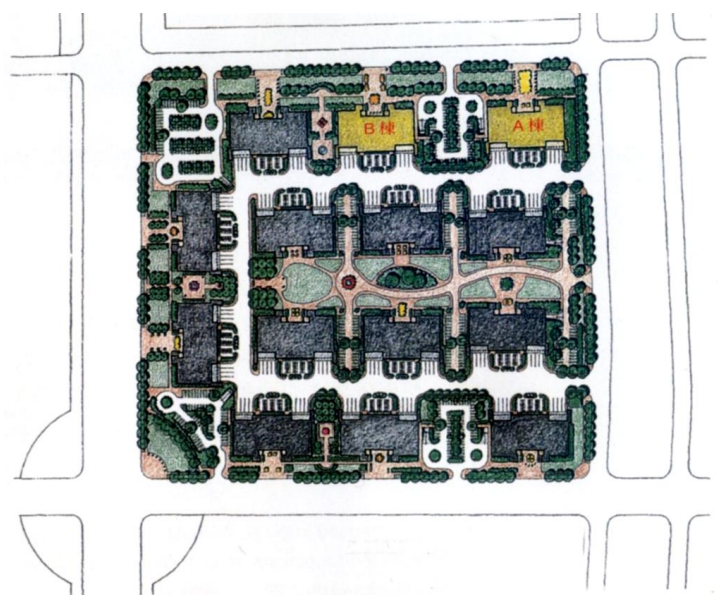


圖 20 全區配置圖

¹⁷資料來源：台南科學工業園區二期基地擴建計畫，2001

¹⁸資料來源：潘冀建築師事務所，台南科學園區標準廠房第一期新建工程—台灣,台南。建築 Dialogue 第 41 期。



圖 21 標準廠房樓層平面圖



圖 22 標準廠房 A.B 廠房全景



圖 23 南面戶外管道空間

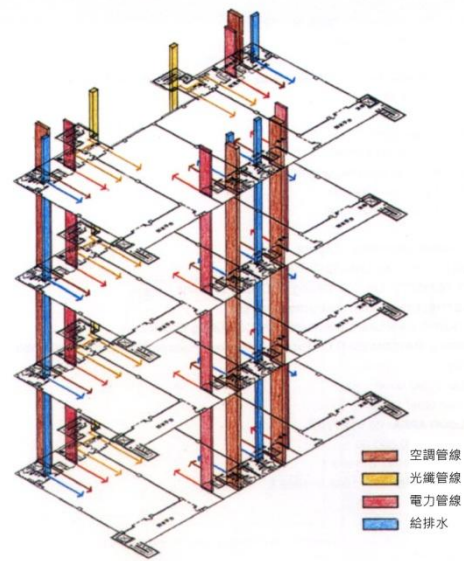


圖 24 機電設備及空調系統說明圖



圖 25 連結 A、B 廠房之中庭

二、 南科工業廠房的建築特徵

南科工業廠房以廠辦複合式的工業廠房為主，堪稱台灣的五星級廠房，不只是配合高科技產業的需求，更是新一代的研究型實驗室建築，其中一、二期廠辦早已全面完工。這些廠辦複合式廠房單層坪數約 800-1200 坪，因為具備較低的公設比，所以坪效使用率高。樓高 5.5-11 公尺，跨距 8-8.8 公尺，適合各類產業機台配置使用。且樓板載重可達 800-1000 公斤，較高於一般廠辦 500 公斤的承載量，且建築採 RC 結構、緊密式箍筋，為抗震能力佳的建築結構。¹⁹

¹⁹資料來源：http://www.office4rent.com.tw/standard_2.asp

表 21 南科各自建廠房

廠辦室內環境	廠辦室內環境
	
南科廠辦建築-瀚宇彩晶	南科廠辦建築-晟田科技
	

資料來源：<http://www.taiwankumagai.com.tw/engineering-1.asp>

<http://www.maicl.com/aboutus.html>

http://www.office4rent.com.tw/standard_2.asp

檢視標準廠房的設計建造，可以知道廠辦建築對於廠商的重要性在於其所能提供的彈性與空間單元數量，因為廠辦所能提供的空間會直接影響產量。換句話說，廠辦本身就是生產空間的投射，廠商也會積極的尋求廠辦空間的最大化以尋求最高的產值。然而為提供穩固的生產環境，南科廠辦建築不只具備高科技廠辦的高承載量，也因應高鐵經過而對建築地基作過防震處理，減少高鐵行經時造成的震動影響精密電子產業，同樣的可以減少對建築的損害。若要在高科技廠辦設置綠屋頂，並不會有結構載重的問題，然而屋頂空間常會用來放置機電和空調設備，因此能使用的空間有限，不會佔滿整個屋頂且必須要保留維護管理用通道。

第四節、南科工業廠房設置各式綠屋頂之成本效益分析



綠屋頂不同於屋頂花園的特徵在於其強調功能性，諸如隔熱、降溫和雨水儲留等，而台灣綠屋頂至今發展到示範基地的階段，接著應開始積極發展以功能性目標的綠屋頂為主。本節以台南科學園區的南科管理局為案例模擬基地，以全壽命週期（Whole Life Cycle）分析綠屋頂的成本效益，並依照模擬分析的結果指出南科綠屋頂的推行措施。

一、成本效益資料建構

南科管理局為南科園區的行政中心，目前在依照能源局鼓勵設置太陽能光電板的政策設有太陽能光電板，總裝置容量合計有 18.2 峰瓩(kw)，參考民國 100 年的南部科學工業園區企業社會責任報告書的指出行政中心用電量為 2,283,000 度。Gregg、Parker 和 Swenson(2007)的研究發現，當溫度超過 25℃ 時每增加 1℃ 太陽能光電板的效能則下降 0.5%，因此當夏季高溫讓屋頂溫度上升到 60℃ 時，太陽能光電板效能將下降 17.5%，並影響投資回收期 and 太陽能光電板的經濟效益。以知綠屋頂可以有效的調控屋頂微氣候並降低溫度以提高太陽能光電板效能，又南科園區在實際推行上以太陽能光電板為主，情境模擬中便應該一併考量太陽能光電板。因此成本效益模擬的情境設定為一般平屋頂、薄層綠屋頂、太陽能屋頂、綠能屋頂(綠屋頂結合太陽能光電板)。

欲計算成本效益必須要知道的資訊包含屋頂面積、能源成本(電費)、綠屋頂屋頂壽命、一般屋頂壽命、維護管理費用、綠屋頂建造成本、折現率(Discount rate)。將這些資訊整理如表，由於目標建物為南科管理局，故部分資料如屋頂面積、能源成本和折現率皆相同。但是經過與南科管理局連絡後，並未能順利取得資料。「這方面的資料南科管理局這邊可能沒辦法提供，只能說總設置的容量各為管理中心

18.2kwh，環工中心 158kwh，詳細的太陽能板面積、工程經費和屋頂面積等科長指示都不方便提供。但是管理局樓上的太陽能光電板是做鋼構的活動軸，可移動位置，所以相對的成本會較高。我建議你就參考能源局公布的參考標準即可。(訪談內容 A4)」。

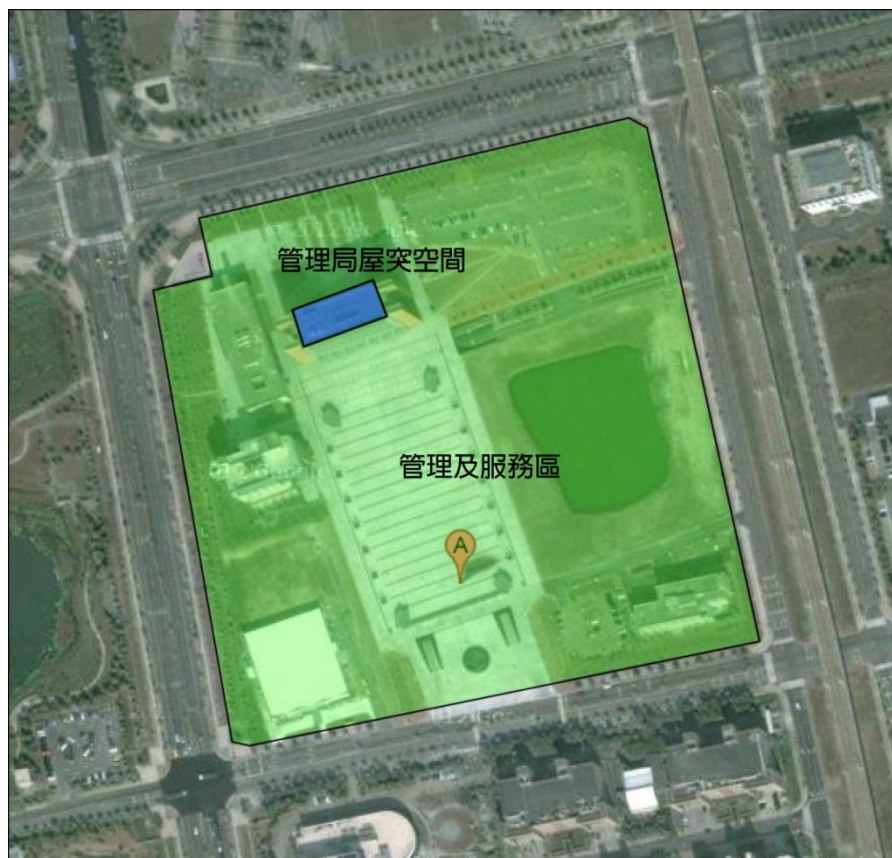


圖 26 南科管理局屋突空間位置

需要推算的相關資訊有屋頂面積、建造成本和屋頂面積。屋頂面積的計算以 Google 空照圖套疊土地使用分區圖，圈選其中的管理及服務區以計算土地使用面積，進一步推算管理局屋頂面積為 1390 平方公尺。

目前太陽能光電系統設置成本逐年降低中，目前每 1kw 設置費用約 25-30 萬元，綠色生產力基金會 2010 年的簡報則指出每 1kw 設置費用約 15-20 萬元，太陽能發電系統平均壽命 20~25 年，1kWp 太陽電池組列平均佔地面積約為 10~15

平方公尺(台灣綠色生產力基金會,2010)。設置成本可以取平均值 22.5 萬元/kwp，平均壽命取 25 年，每 kwp 的佔地面積取 12.5 平方公尺。因此推估南科管理局的太陽能光電板設置費用為 500.5 萬元，太陽能光電板面積約為 227.5 平方公尺。維護管理成本目前多由專業廠商採不同年期之效能保證方案或保固方案，效能保證方案為廠商支付所保證效能值以下之 95%之不足發電量，保固方案為自免費保固期後之系統保證承攬維修，以年度合約方式適量收費，所有替換之設備與工資皆由廠商吸收。這樣的年度維護及保固費用大約是總造價的 0.8%。又內政部建築研究所(2006)的報告指出，台南每 kw 的太陽能發電量預測是 2.6(kwh/日)，因此年發電量的統計為： $\text{kw} \times 2.6(\text{kwh}/\text{日}) \times 30(\text{日}) \times 12(\text{月})$ 。

綠屋頂的設置費用與維護管理費用皆由屋頂暨立體綠化協會所提供，其中能源消耗的部分則以全年減少 20%計算。

從 2012 年的台南氣象資料來看，每年平均最高溫為 32℃，每年平均溫為 24.3 度，然而中午時分，屋頂溫度往往可以高達 65℃ 以上，本研究假設綠屋頂可以有效將屋頂溫度降低至年平均最高溫的 32℃，因此可提升太陽能板 16.5%的效能 $((65-32) \times 0.5\%)$ 。然而這些數據都是假想在最佳狀況下的發電量，因此計算時應考慮的是實際情況下太陽能屋頂會受高溫影響而降低的效能，而不是因為穩定屋頂溫度後所可以能提升的效能。因此應將每日的早上十點至下午三點此五個小時列為效能降低時段，降低的效能為 16.5%。若全年每日日照時間長達 10 小時，則應加入損益算式： $\text{kw}/10(\text{hr}) \times 5\text{hr} \times 16.5\%$ 。

表 22 成本效益計算資訊

	薄層綠化屋頂	太陽能屋頂
屋頂面積	1390 平方公尺(實際計算以 1300 平方公尺計)	
用電量	2,283,000	
能源成本(電費)	平均電價 1.89 元/度計算	
減少能源消耗	夏天減少 25%，冬天減少	

	15%	
能源生產		18.2kw (年發電量 17035.2 度)
電能躉購費率		7.5432 (元/度)
壽命		25 年
維護管理費用	每季定期保養五千元(面積 每 100 m ² 計算)	3.276 萬元/年 (總造價的 0.8%)
建造成本	3000 元/ m ²	409.5 萬元(22.5 萬元/kwp)

資料來源：南科 99 年環境報告書、經濟部能源局陽光屋頂百萬座計劃網頁、
100 年南科企業社會責任報告書、經濟部能源局太陽光電資訊網、
Green Roof Developer's Guide(2011)、屋頂暨立體綠化協會、
太陽五村網頁(<http://solarasic.com/index.php>)

二、 淨現值計算

淨現值(Net Present Value)的計算是該計劃各年度各種現金流現值的加總，由於不同的計劃淨現值不同，透過淨現值可以幫助我們選擇成本較低的方案，並用一個財務分析的方式更客觀的指出綠屋頂的益處。南科管理局的屋頂面積約為 1390 平方公尺，扣除掉梯間、維修通道及管線等面積以 1300 平方公尺計算。

$$\text{現值的公式為：現值} = \text{本金} \times \frac{100}{100 + \text{折現率}}$$

為計算成本效益淨現值，應需考慮所經歷壽命年期之中的折現率(Discount rate)，電費可參考電費調漲率，設置成本可以參考通膨率。若 20 年期的折現率為 8%，則 100 元的商品在 20 年後變成 108 元，因此在 20 年後同樣的 100 元無法購買同樣的商品。因此折現率的考量在壽命周期的成本效益試算中格外重要。本次研究僅粗估試算成本效益結果，並未將折現率納入各項現值(設置成本、減少能源消耗費用、維護管理費用)的考慮中。

本研究設定三種方案(scenario)，分別是薄層綠化、太陽能屋頂和綠能屋頂(結合綠屋頂和太陽能光電板，其中太陽能光電板面積以現況的 18.2kw 為主)。淨現值公式為：設置成本(A)+維護管理費用(C)-所減少的能源消耗和躉售電費(B)。假設各項現值的折現率皆為 0%，試算 25 年的淨現值結果如表。

表 23 三種方案的淨現值計算結果

	設置成本 (A)	減少能源消耗 and 躉 售電費(B)	維護管理費 用(C)	淨現值 (NPV=A-B+C)
薄層綠化	3,900,000	862,974	6,500,000	9,537,026
太陽能屋頂	23,400,000	16,842,668(理想躉 售電費 18,357,131- 損益效能 1,514,463)	4,680,000	11,237,332
綠能屋頂(薄層 綠化屋頂加太 陽能屋頂)	7,312,500	4,075,472 [3,212,498 (躉售電 費)+ 減少的室內空 調電費 862,974]	6,181,500 (819,000+5, 362,500)	9,418,528

淨現值可以被看做是一個貨幣單位，也就是整個設施 25 年總共所花費的預算總合。因此讓我們用一個簡單的成本關係式來看這五種方案：

太陽能屋頂(全)> 薄層綠化> 綠能屋頂

這個關係式表示 25 年內太陽能屋頂所要花費的預算總合是三種方案之中最高者，結合薄層綠化和太陽能光電板的綠能屋頂是三種方案中的最低者，有做屋頂工程的三種方案中以綠能屋頂為最低者。

第五節、 日後科學園區廠房提升綠建築景觀的具體措施



從南科管理局角色扮演的討論中可以得知，南科管理局正遵循經濟部能源局的再生能源政策，極力在園區內推廣太陽能光電板，也因此南科政策目前以太陽能屋頂為主。然而透過綠屋頂結合太陽能光電板的綠能屋頂可以提升太陽能板轉換效率，因此對於提升太陽能板轉換效率來說綠屋頂是不可或缺的角色。依照上述南科園區的現況和成本效益分析，將南科推行綠屋頂的具體措施綜合分析如下：

一、 將設置綠屋頂納入科學園區土地使用管制要點

若南科要推行綠色園區，應將綠屋頂納入土地使用管制要點中，而不只是增加園區綠化的面積和內容，長期以來廠辦一直被定義為生產空間，因此生產空間的效能也以經濟理性的觀點追求最大化。如今當我們開始思考建築節能與環境共生時，應轉化過去對廠辦空間的想法，如同南科園區初始的規畫目標是要打造吸引高科技人才之工作、居住與投資的環境，就應該改變過去單單思考生產面向的環境營造，而應納入生活與生態面向。將綠屋頂列為廠辦基礎設施的一部分，讓廠辦空間不只是生產空間，也是員工在其中生活並接觸生態的空間。

二、 鼓勵設置綠能屋頂

台南科學園區的空間發展之所以特別，在於科學園區只租不售的特性，讓南科管理局身為指導角色可以從中規劃並影響園區未來發展方向。因此在配合經濟部能源局推行太陽能光電屋頂的政策之下，南科管理局將致力打造南科成為全台灣太陽能板最密集的地區，而廠商施作太陽能光電板的意願則為長期回收的躉購

電費回饋。兩者出發點一為希望從中獲利，一為希望打造綠色園區，因此兩者有相同的目標。



在財務回饋的項目上，綠屋頂表現在節省空調能源開銷上，然而因為南科的低價電費政策使財務回饋較低，所以在南科設置綠屋頂也一定會遇上較低財務回饋而造成業主意願的下降。綠屋頂的貢獻可反映在調控屋頂微氣候上，避免太陽能屋頂因為高溫造成的效能降低，進一步增加太陽能板的光電轉換效率，因此可透過設置綠屋頂來提升太陽能光電板效能。應該積極鼓勵已施做太陽能光電屋頂的廠商改建成綠能屋頂，以增加太陽能光電板效能，並鼓勵新進廠商以綠能屋頂獲取最大效益。

而透過全壽命週期成本效益分析可以清楚表示綠屋頂或綠能屋頂至壽命結束時所回收的財務狀況，其指出廠商有明確的理由投入成本在綠能屋頂的施作，也就是廠商獲得的經濟回饋和企業形象將成為設置綠能屋頂的動機。

三、 補助金制度

綠屋頂的建造成本在開發計畫中是較大的財務阻力，補助建造成本可以提升業主設置的意願。尤其南科是科學工業園區用地，電費較一般都市計劃土地便宜，綠屋頂的節能效益因而無法表現在減少能源消耗中，相較之下，太陽能光電板因為躉購電費遠高於基本電費，所以產能賣電的做法更能回收成本。故為了降低綠屋頂施做的經濟阻力並提升廠商建造的意願，補助建造成本應該是較可行的做法。

四、綠建築標章

科學園區早期發展目的為促進產業升級，至今仍極力協助提升國內產業技術，並在創造就業機會的同時也開始考量與周邊市鎮環境的發展關係，綠色園區的概念也在南科被逐步落實。綠屋頂此一綠化措施也應可以扮演重要的角色。

而設置綠屋頂可以滿足綠建築標章中的綠化量指標、基地保水指標、生物多樣性指標和日常節能指標的建築外殼節能設計等，讓園區建物朝著可持續性發展邁進以符合南科園區的長程目標，若進一步獲得標章獎勵對廠商而言也是直接的企業形象營造和間接的財務補助。因此在符合南科管理局打造「低碳綠色」、「永續健康」、「在地共生」科學園區的理念下，應將綠屋頂納入建議施作的建築屋突項目以符合綠建築標章。



第五章、工業廠房設置綠屋頂的推行策略探討



依照前面的討論分析，本章試圖討論南科設置綠屋頂的技術規範標準與獎勵措施，並歸納出南科適合推行的綠屋頂、其應有的技術規範與標準，以及適合的獎勵配套措施。

第一節、工業廠房設置綠屋頂的種類和範疇

若南科未來以綠能屋頂作為主要推行的方向，應選擇以薄層型綠屋頂搭配太陽能光電板為主以降低成本，且薄層型綠屋頂的單位面積重量較輕，可設置在平屋頂和斜屋頂上，而較不會有載重的問題。厚土型的屋頂花園較適合設置在住宅區、商業區等地方，作為都市的公共開放空間，若設置在工業區除效果不佳外，也會額外增加維護管理成本且必須要精算建築結構的載重，增加設計負擔。因此在達到建築節能、環境友善的前提下，工業廠房設置綠屋頂的種類應只適合薄層型綠屋頂，但是若是廠辦中的辦公大樓也可以考慮設置屋頂花園，以提供員工休憩的場所。

薄層型的綠屋頂也稱為「粗放型綠屋頂」。粗放型綠屋頂是指在屋頂上鋪設淺薄的生長介質，介質厚度多半介於5至15cm，重量多介於每平方公尺72.6至169.4公斤（Lawlor et al., 2006）。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，承載需求低。由於只提供淺薄的土壤或代用介質層，因此在植物的選擇上格外嚴苛，這些植物必須能夠適應乾旱、強風、強光或積水等極端不利環境，通常為野生且呈現低矮外觀的多年生灌木及草本。粗放型綠屋頂的主要目的是為提升環境品質。早期北歐居民利用它來保溫，現在則進一步為了改善都市水文、減緩都市熱島、增加生物棲地等環境因素而設置（石婉瑜，2004）。



第二節、 技術規範與標準

技術規範標準的訂定可以提高南科園區設置綠屋頂的成功率與存活率，並進一步降低因為選擇不良的綠屋頂設施而造成額外的成本與花費。考量台南的區域氣候條件和廠房建築特性，技術規範標準的訂定應考量設置面積、載重、供水系統、介質與植物材料的使用。並將技術規範納入土地使用管制中，讓開發計劃可以與綠屋頂的設置結合。

一、 最低綠化率

廠辦屋頂空間有限，然而有些廠辦是建築群組合而成，有停車塔、辦公大樓和作業廠房。有些是單棟的多功能廠辦複合建築。因此綠屋頂設置面積可保持彈性，以一建築案的總建築屋突面積為總數，綠屋頂的設置應至少應佔其總屋突面積的 60%，對建築節能才能達到明確的環境效益。綠屋頂的設置面積也就是建築基地屋突空間的最低綠化率，目的在確保薄層型綠屋頂能提供基本的暴雨管理和建築節能效益，因此最低綠化比例不宜過低。考量到工業廠房屋頂空間以預先劃設區域用於置放機電設備、管線和空調設備，扣除這些設備空間後，綠化面積應至少要達到剩餘可用屋頂面積的 60%。

二、 屋突載重

綠屋頂的載重牽涉到綠屋頂的豐富程度，雖南科以薄層綠化為主，但仍應在技術規範中載明綠屋頂的載重應符合該建物的活載重。而薄層型綠屋頂的介質厚度若介於 5 至 15cm，重量多介於每平方公尺 72.6 至 169.4 公斤 (Lawlor et al., 2006)，而工業廠房的活載重最低為每平方公尺 300 公斤，因此薄層型綠屋頂的載重不至對屋面結構造成影響。



三、 供水系統

由於南台灣的氣候炎熱蒸發量高，需特別注意薄層型綠屋頂的灌溉，因此較適合以滴灌系統搭配偵測器，以監控土壤含水量和降雨量，確保植物不致缺水萎凋。綠屋頂的澆灌系統多以滴灌為主，其所使用的噴頭和滴頭易阻塞，應時時留意植物生長狀況，澆水時也應注意是否有阻塞而造成缺水問題。滴灌的優點在於可增加植物根系的吸收效率、減少澆水產生的多餘逕流和雜草的生長，因此目前多採用滴灌系統。供水系統則最好配合偵測器，若無自然降雨或土壤水分缺乏即可自動澆灌。可克服人工澆灌無法精確控制水量的問題，避免浪費多餘水資源，也可避免過多的澆灌水量沖刷介質。

邱寶慧（2007）將台灣降雨類型分區，台灣南部地區包括高雄市、台南市、嘉義市、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣等七個縣市，本區全年各月降雨量以9、10月份較高，其餘月份頗為平均，年平均降雨量約2,162公厘。

表 24 台南各鄉鎮所屬降雨區及對應降雨量

分區	縣市	鄉鎮	年平均降雨量	日平均降雨量
南部 I 區	台南縣	新營市、鹽水鎮、柳營鄉、後壁鄉、麻豆鎮、下營鄉、官田鄉、佳里鎮、學甲鎮、西港鄉、七股鄉、新化鎮、將軍鄉、善化鎮、新市鄉、北門鄉、安定鄉、仁德鄉、歸仁鄉、關廟鄉、永康市	1673.8mm	4.58mm
	台南市	全區		
南部 II 區	台南縣	白河鎮、冬山鄉、大內鄉、六甲鄉、玉井鄉、山上鄉、左鎮鄉、龍崎鄉	2328.7mm	6.38mm
南部 III	台南縣	楠西鄉、南化鄉	2964.2mm	8.12mm

區				
---	--	--	--	--

資料來源：邱寶慧，2007

南科位於善化、新市和安定三鄉鎮之間，年平均降雨量參考值應為 1673.8 公厘，日平均降雨量為 4.58 公厘。灌溉系統和排保水系統在設置時，應考慮以上在地的氣候條件配合調整，以提高植栽存活率。

台南夏季常有瞬間暴雨，氣候條件極端，但並不能作為長期穩定的水源，因此設計時應以平均年降雨量作為考量基準。應規定設置綠屋頂要有穩定的供水系統，並建議使用滴灌系統以達到較好的成效，避免使用噴灌系統和人工澆灌。

四、介質種類

介質的含量是綠屋頂植物賴以維生的介面，若介質流失要再補充有實際執行的困難且不符合成本。因此介質的比例也是綠屋頂重要的執行細節，德國 FLL 技術規範指出綠屋頂的有機介質最多只能達到 15%，也就是說綠屋頂的主要介質比例應以無機介質為主，以避免長期下來的介質流失問題。國內目前多數廠商都採用金碩實業生產的水陶石，其特色是質輕、保水、透氣、性質穩定、不腐爛且無毒無菌，乾單位重為 600-1100 (kg/m^3)，濕單位重為 700-1300 (kg/m^3)。²⁰因此在設計綠屋頂時，也應妥善考慮介質的乾濕重量，避免屋頂樓地板承載過重。

南台灣氣候乾燥之外，夏季常有瞬間暴雨，降雨強度驚人，採用無機介質也可以避免介質沖刷的問題。根據內政部建築研究所的屋頂綠化研究實驗，其中保水試驗分析的結果指出屋頂綠化可延滯暴雨進入排水系統的時間，使排水系統對暴雨有更多的反映時間，並藉著減少洪峰流量降低排水系統負荷。實驗結果顯示未綠化的屋頂有 95% 的降雨量轉變成逕流，介質層 10 公分厚的綠屋頂有 85% 的

²⁰資料來源：金碩實業 <http://www.jinshuo.com.tw/pelletB.htm>

降雨量轉換為逕流量，20 公分介質的綠屋頂僅有 66%的降雨量轉換為逕流量，其中所模擬的降雨強度為 29.76 mm/hr 50.88 mm/hr 和 78.85mm/hr (內政部建築研究所，2010)。因此我們可以看出綠屋頂在不同的地區和氣候條件下所具備良好的適應能力，以及透過強化不同的功能以達到建成空間的環境改善的特性。

介質材料的規定可比照德國 FLL 的規範，無機介質含量必須至少達到介質含量的 85%以確保不會因為暴雨沖刷造成流失。介質厚度最低應為 10 公分以提供最基本的減緩暴雨逕流的能力，若廠商願意增加介質厚度以提升暴雨管理能力，可納入獎勵措施中。未來也可考慮將介質厚度量化處理，以評量的方式取代硬性的規定。²¹讓綠屋頂技術規範更具有彈性。

五、植物材料的使用

綠化植栽的選擇會因為不同的地區、海拔等氣候條件有所不同，也會因為所欲達成的環境效益不同而有所差異，也因此維護管理所須著重的細節也隨之增加。植物材料的使用需考量植栽生長特性（全日照、半日照、耐鹽性、耐旱性、耐汙染性、耐風、耐瘠）、病蟲害管理和空氣淨化能力等。其中挑選適地適種的植栽材料最為重要，唯有挑選適合的植栽才能生長茁壯並降低澆灌和肥培的維護管理成本，也不須經常補植或更換植栽。

植栽的生長特性又以耐旱性和全日照最為重要，由於薄層型綠屋頂選用的植栽多以淺根性的植物為主，在天氣炎熱、蒸發量高的南部，若是植物耐旱性低很容易造成植株的萎凋，增加維護管理成本而得不償失。畢竟南部地區的降雨量少，年平均雨量多仰賴颱風帶來的豐沛雨水，讓綠屋頂在時常乾旱的南部容易變成需水量大的負擔，植栽的選擇變得更加重要。而南部地區常見的夏季暴雨也是植物

²¹參考第三章第一節 三、配合措施

材料必須要克服的難題之一，因此植物材料不僅要耐旱耐曬還得要耐暴雨。

技術規範中必須要清楚記載所使用的植物材料必須具備良好的耐旱性、全日照特性且耐暴雨沖刷，才可以被選用為綠屋頂植物材料。植物材料的種類可以使用正面列舉的方式，指出適用的植栽種類並包含其他，讓未來可透過在地研究的方式逐漸累積南部綠屋頂可使用的植物材料資料庫。在地的植物材料研究絕對勢必要的、迫切的。

第三節、 獎勵誘因與配套措施

因應這些技術規範標準，綜觀整個工業廠房的條件和前述的城市案例經驗分析，獎勵誘因可以財務補助為主，配套措施需將維護管理列為定期檢查項目，以確保綠屋頂在南部降雨強度大、缺水且日照強烈的極端環境下可以維持良好生長狀況。

一、 獎勵誘因

在前面以提過應將綠屋頂納入科學園區的土地管制使用與開發計劃中，要求建築屋頂必須要有最低綠化率。為進一步提升綠屋頂的效益，若業主主動設置綠屋頂達一定的屋頂面積比例或增加介質厚度，則可認定廠商協助提升綠屋頂的暴雨管理能力而給予補助。舉例來說，廠辦的最低綠化率若是 60%，則若是廠商設置綠屋頂達 80%和 100%，則可以依照不同的綠化率給予補助，並且可將屋突設備維護管理用的通道包含在綠屋頂計劃中。廠辦設置綠屋頂的最低介質厚度若為 10 公分，若在不超過屋突結構載重的前提之下，每增加 5 公分的介質厚度則可以給予補助。

補助的方式可以減稅、補助金這兩種方式進行。減稅可以從減免下水道處理費、汙水處理費著手，此兩者稅收有使用者付費的課稅原則，若增加綠屋頂的面積或厚度，則可以視為減少汙染排放或汙水處理負擔，因此給予減稅的財務獎勵。

補助金的獎勵方式會以增加的綠屋頂面積給予補助，假設綠屋頂面積達總屋頂面積的 80%，達到獎勵補助金標準，則每平方公尺補助成本的四分之一價格並頒發分級證書。假設薄層型綠屋頂建造成本每平方公尺 3000 元，則每平方公尺補助 750 元。也就是說若於面積 100 平方公尺的屋頂上施作 80% 的綠屋頂並接受補助，則可以補助 20%（20 平方公尺）的綠屋頂面積，比較只達到最低綠化率 60% 的綠屋頂而言成本相對較低，因此讓業主有一個更明確的動機去滿足更高的綠化比例。若綠化面積達 100%，補助比例可達三分之一，同樣的舉例中，等於設置面積達 100% 時可獲得 33.3% 的面積，也就是設置面積越多則補助越多。又廠辦大小規模不同，補助金比例可依照廠辦規模、性質的不同而給予不同的比例。

表 25 補助金比例

基地劃分	綠化面積	補助比例
作業廠房	60-80%	四分之一
	80%以上	三分之一
辦公大樓、 停車塔	60-80%	五分之一
	80%以上	四分之一

然而補助金制度會大大的消耗財政預算，因此補助金制度只適合於政策推廣的第一至三年實施，第四年開始就只剩下減稅的手段。目的在於培養業主對綠屋頂的認識與信任，並且讓其了解綠屋頂的長期效益較這些財務獎勵來的影響更為深遠。而綠屋頂也可協助提升企業形象，增強企業對環境保護的意識，對廠商的長遠發展有利無弊。



二、 配套措施

在台南這樣氣候變化極端的區域，薄層型綠屋頂若選擇錯誤的植栽和介質、缺乏定期維護管理，很容易有冲刷流失的問題，如此一來只會突增成本且無法達成預期的環境效益。因此前面透過納入土地使用管制的技術規範明確指示設置綠屋頂的標準，透過獎勵的方式鼓勵設置綠屋頂，尚需要良好的、定期的維護管理檢測作為主要的配套措施，以協助園區綠屋頂能正常生長、協助廠商留意可能的問題並盡早解決。

維護管理的檢測項目應包括綠屋頂的硬體設備（排保水板、防水層、灌溉系統）、植生生育狀況與肥培管理、介質流失狀況、專業廠商的定期維護管理報告、管理人員的相關專業知識。維護管理審查的工作可另外請第三方角色聘請專家學者審查之，諸如透過綠屋頂暨立體綠化協會邀請相關大專院校的專家學者。

本研究以南科園區作為討論對象，並透過都市綠屋頂政策分析、工業廠房分析和成本效益分析了解綠屋頂的發展過程和指出我國綠屋頂政策推行的切入點。其中在重新思考南科園區案例中，工業廠房應仔細考量建築節能與環境綠化，而廠辦的確也具備設置綠屋頂的條件，唯獨屋頂空間使用有限，屋頂綠化比例也有所限制。實際利用綠屋頂達到廠辦建築節能上可能是成效有限的。然而這樣的案例發想的確提供我們對於綠屋頂政策的正面想像，其中透過最低綠化率、補助金、減稅和維護管理審查作為主要推行手段的政策架構，可作為政府單位和專家學者思考綠屋頂政策設計的架構。而科學園區隸屬於國科會管轄，作為中央政府推行綠屋頂的示範案例再適合不過。

透過本研究可知：

1. 工業廠房皆符合設置綠屋頂的條件，唯獨使用的屋頂空間有限是最大的缺點。
2. 現行階段欲於南科園區推行綠屋頂恐有極端降雨的暴雨水問題，需進行在地試驗後再行推行較佳。

南科推行綠屋頂的政策設計，應將綠屋頂技術規範納入土地使用管制中，並透過最低綠化率、補助金、減稅和維護管理審查作為主要推行手段。





第六章、 結論與建議

綠屋頂設置並不只是單純的屋頂空間綠化，其涉及建築內部使用項目與屋突空間的使用，綠屋頂在地狹人稠的城市化地區中也是公共空間的投射，本論文結論有三，重新討論分析此三項內容以指出目前相關實務之問題與新的見解。綜觀綠屋頂推行的相關討論，最終將回歸到專業實務、技術規範、獎勵制度與開放空間營造上，這些面向息息相關無法切割，卻在目前的學術研究、實務工作與政策擬定的連結上有所代溝，也顯示產官學的合作將會是未來綠屋頂產業發展、都市空間改善的首要工作。

第一節、 結論

在呼應城市發展條件和都市空間特性之下，進一步指出綠屋頂設置可行性、實施策略和可運用之工具，本論文題旨所思考的現實問題與意涵則呼之欲出。然綠屋頂的目的在於塑造滿足生態環境與節能減碳的先進城市空間想像，廣義的綠屋頂概念範疇應包括屋頂綠化、太陽能光電板和蓄水屋頂。而城市空間的營造與建築節能技術不應畫地自限，是故建築皮層改善也不應只侷限於屋頂綠化的範疇。除此之外，綠屋頂的設置可符合多項綠建築標章的評量指標，因兩者內涵相近且曖昧，然專業實務操作流程和評量作業方式又有所區隔且相異。

一、 綠屋頂設置可行性、實施策略與工具

台灣綠屋頂產業的發展可說是記取過去台北市屋頂花園政策的教訓，產業蓬勃發展勢在必行。然而綠屋頂推廣政策必定要審慎檢視過去台灣城市發展條件和

空間特性，以明確指出設置可行性、實施策略和推行工具。這些城市空間的特性與發展脈絡影響著綠屋頂類型、效益、推行政策和相關配套措施，從較寬廣的脈絡探討可點出本論文之題旨在討論綠屋頂與都市發展之間的關連性，並指出現實都市發展實務受制於建管、土管、工程期程與利益關係人壓力等因素，綠屋頂的發展將不會如想像中順利與簡單。

台灣的城市發展至今仍延續著土地使用管制計畫的被動發展模式，並持續淪陷在民間開發力量不斷炒作與地價哄抬的循環中，因此台灣城市發展的主導權始終在民間開發力量的手中，也就是地主、財團與投機者。而土地使用管制分區則作為一個分區管制計畫，明訂各種土地使用分區的使用項目，清楚的劃定未來該分區的發展特性與所扮演的城市單元。雖然土管機制做為都市開發的手段已失靈許久，卻仍然具有管制都市發展的能力，不應拋棄不論。在民間開發力量主導的前提之下，建築外殼節能設計的推行若單只靠鼓勵的方式可能難以推行，必定要透過強制規定、獎勵措施等方式循序漸進的使綠屋頂融入建成空間中。

綠屋頂設置的實施策略可從土地使用管制、建築管理條例、空汙處空氣汙染補助項目及汗水處理費著手。其中的關鍵需從土地使用分區著手，依照住宅區、商業區和工業區訂定不同的推行項目，如同第四和第五章所述，工業區綠屋頂可以薄層型綠屋頂為主，住宅區和商業區的綠屋頂可講求綠屋頂的休閒遊憩效益、公共性，以屋頂花園的型式創造公共空間較適合。綠屋頂作為建築外殼節能設計技術改善建築室內環境，同樣也可作為露臺公共空間營造的設計手法。因集合住宅、商辦大樓和購物商場皆為半公共空間，可視為公共空間的投射，公部門基於提升都市基礎設施服務品質的立場應將綠屋頂推行納入土管規則中，並於土管規則中明訂綠屋頂設置的面積、比例和介質厚度等標準。尤其是綠地空間缺少的市中心高密度發展區，更有發展人工地盤綠化的需求。因此綠屋頂應依照土地使用分區規定所設置的綠屋頂類型，並透過其他相關法規鼓勵人工地盤綠化的設置，

分別達到降低空氣汙染、減少暴雨逕流和增加生態性等目標，譬如空氣汙染防制法、環境影響評估法、水汙染防制法，以此組成中央法規並讓地方政府可依循訂定自治條例。



相關可運用的輔助工具應結合獎勵措施、綠建築標章評量系統和教育訓練。獎勵措施可以專案經費補助指定類型的開發計畫、減免污水處理費、提高企業信貸額度和容積獎勵等方式，針對不同都市發展特性的地區給予不同的獎勵，因此未來可漸進針對不同的區域、城市和行政區劃分補助項目。譬如說污水處理費的減免可以縣市層級做為區隔，台北市的污水下水道接管率較高，污水處理率達到100%，則設置綠屋頂可減免污水處理費以鼓勵減少點源汙染源，而台南市的污水處理率只有 39.57%，顯然不適用。²²

二、 廣義綠屋頂

為因應未來城鎮發展與環境預變遷的挑戰與課題，我國透過城鎮風貌型塑整體計畫營造可持續性的宜居城鄉環境，並落實節能減碳、生態家園等願景。綠屋頂和綠建築便在這樣的發展脈絡下作為節能減碳項目而蓬勃發展著。然而廣義的綠屋頂概念範疇應包括屋頂綠化、太陽能光電板和蓄水屋頂，也就是綠屋頂、綠能屋頂與藍色屋頂。回歸到建築外殼節能設計技術上，國內已持續推動綠屋頂與太陽能光電屋頂，若只聚焦在綠屋頂和綠能屋頂兩者則視野未免太過狹隘，而城市空間的營造與建築節能技術不應畫地自限，是故建築皮層改善也不應只侷限於

²² 資料來源：內政部營建署，102 年 4 月全國污水下水道用戶接管普及率及整體污水處理率統計表。



屋頂綠化的範疇。

因此國內研究單位應重新從建築外殼節能設計切入，討論各式工法的可行性並執行量化研究，以作為未來訂定相關法規的依據。目前太陽能產業已由經濟部能源局大力推行，綠屋頂產業也正開始發展，未來勢必從中央政府層級訂定相關屋突節能設計規範，則藍色蓄水屋頂的技術應提早納入考量，以求未來政策設計的完整與建築節能設計技術的進步。

三、 綠建築標章的曖昧與相離

綠屋頂作為綠建築的實踐方法之一，可以有效提升廠房設施的節能效益，協助綠建築指標中的生物多樣性指標、綠化量指標、基地保水指標、日常節能指標，也就是綠屋頂所不斷提倡的環境效益：暴雨管理、生物多樣性、節能減碳和降低都市熱島效應，而綠建築指標中所未提及的效益尚有降噪、空氣品質改善等功能。綠屋頂符合多項綠建築指標，推廣執行上可與綠建築互相結合，因其政策內涵相近。

綠建築標章僅為鼓勵性政策，並提供容積獎勵和綠建築分級制度等間接財務補助並提升企業形象。綠建築標章須向財團法人臺灣建築中心申請，評估系統之評定對象包括：尚在施工中已取得建造執照之建築物，可申請「候選綠建築證書」；及已完工之新建或既有建築物，可申請「綠建築標章」兩種。綠建築標章採取的是事後申請流程，目的旨在審查完工的建物才可頒發綠屋頂標章，在此之前都只是候選證書。

然而現今專業實務操作流程和評量作業方式有所區隔且相異。以科學工業園區為例，廠商立場希望廠辦完工時間能盡量提早，廠辦設計施工會與基地開發同



期展開以節省時間，建築事務所也多套用標準廠房的規格並邊做邊修改設計以爭取時間。因此才會將機電設備置放在屋突空間上，除節省廠辦空間以獲取最大的生產利潤之外，也歸因於建築規畫設計階段未將這些機電、空調設備納入其中，因此設備放置屋突空間成為不成文的慣例。這樣的發展模式讓綠建築標章評量作業有所落差，專業實務操作上並不會以綠建築標章評分為優先考量，廠商、業主也會以財務計劃為優先考量而非綠建築標章的評量。

相同的內涵卻有相離異的實務操作情形，代表綠建築標章評量系統和實務工作有所脫節，可能可以從推行工具重新檢討。回過頭來思考綠屋頂在其中扮演的角色，可以是達成綠建築標章系統事半功倍的角色，也可能會因為綠建築評量系統的設計缺陷而造成推行的阻礙，是故綠建築標章有因應這些廣義的綠屋頂進行重新檢討與修正的必要。

第二節、 建議與後續研究方向

一、 我國推行綠屋頂的建議

我國推行綠屋頂應從中央政府制定相關條例，並由地方政府依照地方氣候條件和發展目標自行訂定自治條例。中央政府制定相關條例後，地方政府才有前例可循並作為訂定自治條例的參考準則，因此從上而下的發展方向是必然的也是必須的。

而我國推行綠屋頂的方式可比照德國的發展方式，從土地使用管制切入與開發計劃結合，可以讓綠屋頂的推行有法律的依據和支持，並透過獎勵誘因、配套措施與技術規範使推行架構更加完備。其中需注意獎勵誘因應分期實施，避免造成政府財政負擔或廠商過度依賴補助。



二、 後續研究方向

我國綠屋頂研究缺乏足夠的量化研究與相關數據，建議後續研究方向有二，這些研究皆適合與專業廠商合作，以跟實務工作連結。

(一)、 在地植物材料研究

台灣貴為寶島且各地動植物生態豐富的原因在於各地氣候條件迥異，南部乾旱日照時數長且夏季有瞬間暴雨的發生，北部日照時數短、氣候悶濕且冬季陰雨綿綿。山區溫度變化大且濕度高，海邊風大且空氣中鹽分含量高。可想而之綠屋頂的植物材料研究之重要性，因為適地適作是綠屋頂成功的先決條件之一，且關乎綠屋頂產業的發展，所以更突顯其重要性。

(二)、 綠屋頂環境效益研究

透過綠屋頂環境效益的研究，可以明確告知民眾、業主和政府單位綠屋頂的效益，得以更有力的說服大眾綠屋頂的長期效益。目前這些環境效益研究應以暴雨管理能力、建築隔熱效益以及空氣滯塵效益為優先，因為其最直接的涉及到產業層面。其餘效益尚包括提升生物多樣性、減少二氧化碳與降噪等，提升生物多樣性與減少二氧化碳為長期觀察研究，且需要等綠屋頂設置數量增加之後方能設計相關研究，而降噪本身並非綠屋頂的主要效益，因此列為最次等之目標。



參考文獻

中文文獻

內政部建築研究所 (2006)。台灣太陽能設計用標準日射量與相關檢測規範之研究。

內政部建築研究所 (2010)。屋頂綠化建構技術之研究。

台灣綠色生產力基金會(2010)，太陽光電系統與設置條件評估簡介。線上檢索日期：2011 年 1 月 17 日。網址：<http://www.tgpf.org.tw/>

石佳玉 (2009)。台北市執行綠屋頂政策之工具分析。未出版碩士論文，國立東華大學，花蓮縣。

石婉瑜 (2004)。簡易綠化屋頂暴雨管理效能之評估—以台北市為例。未出版碩士論文，國立台灣大學，台北市。

林建元，2000 年。工業區政策檢討與發展規劃。

邱寶慧 (2007)。台灣地區雨水利用潛能分析與評估。未出版碩士論文，國立台灣海洋大學，基隆市。

涂智益 (2007)。他山之石、可以攻錯-日本綠屋頂建置推廣經驗與借鏡。線上檢索日期：2012 年 12 月 28 日。網址：

http://hsiliu-greenroof.blogspot.tw/2008/03/blog-post_5544.html

張景森，『台灣的都市計畫 (1895-1988)』，業強出版社，民國 82 年。

莊育傑 (2001)。就獎勵性政策機制觀點探討「台北市建築物增設室內公用停車空間鼓勵要點」。未出版碩士論文，國立成功大學，台南市。

許榮輝(2010，9 月)。屋頂及立面綠化建置管理與法令。收錄於節能減碳、永續 270：『都市新田園』綠屋頂、綠牆推廣講座資料。台北：錫瑠環境綠化基金會。

陳純森 (2002)。建築結構設計。台北：科技圖書

陳慶安 (2009)。城市推行綠屋頂的策略、措施與成效之分析研究。未出版碩士論文，國立台灣大學，台北市。

楊少瑜(2007)。從公私部門角度探討容積獎勵機制之目標與效益-以台北市為例。未出版碩士論文，國立成功大學，台南市。

葉琇婷 (1998)。台灣地區科技產業用地整體開發策略之研究。未出版碩士論文，國立台灣大學，台北市。

趙紅霞與姜太昊 (2013)。韓國屋頂綠化的激勵制度和技術。中國學術期刊電子雜誌出版社，文章編號：1000-6664(2013)02-0113-05。

譚縱波，2008 年。從中央集權走向地方分權——日本城市規劃事權的演變與啟示，中國國際城市規畫期刊，23 卷 No.2。

錫瑠環境綠化基金會 (2007)。你也能有綠屋頂。線上檢索日期：2012 年 12 月 28 日。網址：http://hsiliu-greenroof.blogspot.tw/2008/02/blog-post_26.html

簡莉莎 (1993)。以公私合作模式推動工業區再生可行方式之研究。未出版碩士論文，國立台灣大學，台北市。

英文文獻

Arrowstreet, 2009. Green Roof Planning Study: For the City of Boston.

Bengtsson, L., Grahn, L., Olsson, J., 2005. Hydrological function of a thin extensive green roof in southern Sweden. *Nordic Hydrol.* 36 (3), 259-268.

Brenneisen, S., 2003. The benefits of biodiversity from green roofs-key design consequences. In: Conference proceedings Greening Rooftops for Sustainable Communities, 2003, Chicago.

City of Toronto, 2010. *Using Green Roofs to enhance Biodiversity in the City of Toronto*. Available at: http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/greenroofs_biodiversity.pdf

Currie, B.A., Bass, B., 2008. Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Ecosyst.* 11, 409-422.

Dunnett, N., Kingsbury, N. (2004) *Planting Green Roofs and Living Walls*. Timber Press, Portland.

Dunnett, N., Nagase, A., Hallam, A., 2008a. The dynamics of planted and colonizing species on a green roof over six growing seasons 2001-2006: influence of substrate depth. *Urban Ecosyst.* 11, 373-384.

Fang, C.-F., 2008. Evaluating the thermal reduction effect of plant layers on rooftops.

Energy Build. 40, 1048–1052.

Gedge, D., Kadas, G., 2005. Green roofs and biodiversity. *Biologist*. 52 (3), 161–169.

Green roofs stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. *J. Environ. Qual.* 34, 1036–1044.

GRO, 2011. The GRO Green Roof Code: Green Roof Code of Best Practice for the UK 2011.

Lawlor, G., B. A. Currie, H. Doshi, and I. Wieditz., 2006. *GREEN ROOFS: A Resource Manual for Municipal Policy Makers*.

Liptan, T. (2003) Planning, zoning and financial incentives for ecoroofs in Portland, Oregon. In: Proc. of 1st North American Green Roof Conference: Greening Rooftops for Sustainable Communities, Chicago. 29-30 May 2003. The Cardinal Group, Toronto.

Mentens, J., Raes, D., Hermy, M., 2006. Green roofs as a tool for solving the rain water runoff problem in the urbanized 21st century. *Landscape Urban Plan.* 77, 217–226.

National Risk Management Research Laboratory(NRMRL), 2009. *Green Roofs for Stormwater Runoff Control*. U.S. Environmental Protection Agency(EPA) NRMRL. Available at: <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600r09026/600r09026.pdf>

Ngan, G., (2004) Green Roof Policies: Tools for Encouraging Sustainable Design. Available at <http://www.gnla.ca/assets/Policy%20report.pdf>. Accessed in April 2011.

Office of Sustainable Design(OSD), 2007. *COOL & GREEN ROOFING MANUAL*. N.Y.C Department of Design and Construction(DDC). Available at: www.nyc.gov/html/ddc/downloads/pdf/cool_green_roof_man.pdf

Takebayashi, H., Moriyama, M., 2007. Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. *Build. Environ.* 42, 2971–2979.

Toronto City Planning Division, 2005. MAKING GREEN ROOFS HAPPEN: A Discussion Paper Presented to Toronto's Roundtable on the Environment. Available at http://www.toronto.ca/greenroofs/pdf/makingtoc_nov16.pdf.

Accessed in April 2011.

- 
- Van Renterghem, T., Booteldooren, D., 2009. Reducing the acoustical facade load from traffic with green roofs. *Build. Environ.* 44, 1081–1087.
- VanWoert, N.D., Rowe, D.B., Andresen, J.A., Rugh, C.L., Fernandez, R.T., Xiao, L., 2005. Green roofs stormwater retention: effects of roof surface, slope, and media depth. *J. Environ. Qual.* 34, 1036 – 1044.
- Weiler, K.. S., and Katrin S., 2009. *Green roof systems : a guide to the planning, design, and construction of landscapes over structure*. Hoboken, N.J. : John Wiley & Sons, c2009.
- Wong, N. H., Su F. T., Raymond W., Chui L. O., and Angelia S.. Life cycle cost analysis of rooftop gardens in Singapore. *Building and Environment*. 38(2003) 499-509.
- Wong, N.H., Chen, Y., Ong, C.L., Sia, A., 2003. Investigation of thermal benefits of rooftop garden in the tropical environment. *Build. Environ.* 38, 261–270.
- Wong, N.H., Tan, P.Y., Chen, Y., 2007. Study of thermal performance of extensive rooftop greenery systems in the tropical climate. *Build. Environ.* 42, 25–54.
- Yang, J., Yu, Q., Gong, P., 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. *Atmos. Environ.* 42, 7266–7273.

日文文獻

- 上澤 美鈴・下村 泰彦・加我 宏之・増田 昇，2007 年。屋上緑化推進に関わる行政施策と維持管理に関する研究。發表於日本都市計画学会関西支部第 5 回研究発表会，大阪：日本都市計画学会。
- 平山 豪，中井 檢裕，中西 正彦，2003 年。「CVM による東京都における屋上緑化推進施策の評価」：都市計画論文集 No.38-3, 595～600。

網路資源

- Takagi Global。網址：<http://www.takagi.co.jp/green/act.html>。檢索日期：2013 年 2

月 9 日。

東京都環境局。網址：<http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>。檢索日期：2012

年 12 月 28 日。



附錄一 訪談內容



2013 年 3 月 5 日 am11:00

受訪者 A1：台灣綠屋頂暨立體綠化協會 李 X 田理事長

地點：台灣綠屋頂暨立體綠化協會

1. 請問協會如何協助政府推行綠屋頂？在政府、業者和民眾三者之中所扮演的角色為何？協會未來預計的發展方向及預計完成項目為何？

A：過去學界協助台北市政府推動綠屋頂，主要協助的對象是錫瑠基金會和台北市產發局。由過去藉著花博活動，讓產發局獲得一筆預算進行綠屋頂的推廣，可是花博於 2010 年即結束，結束之後市府參與推動的資源將減少許多，學者便與產業界商討如何繼續延續綠屋頂發展的趨勢，因此而成立綠屋頂暨立體綠化協會。協會主要成員以產業界與學術界為主，官方並沒有代表。在這之中的主動角色為產業界與學術界，兩者結合說服政府繼續推行綠屋頂。協會也因此成為政府、夜者和民眾之間的溝通橋梁，並且努力想要結合產官學的支持。

2. 從協會網站中可以清楚知道協會曾擔任新北市和高雄市綠屋頂示範及推廣計畫的推手，曾擔任競賽評審及研討會講師。除此之外，協會的業務執掌尚包含哪些項目？

A：協會的業務發展方向為綠屋頂技術研發、制訂技術規範以及協助政府推廣。舉例來說，協會在 2010 年參與新北市綠能屋頂示範計畫擔當顧問，規畫、篩選八個綠屋頂示範點，協助新北市政府制定規範。實際工作內容皆是透過協會邀請會

員擔任評審的方式進行，讓整個評審過程較為公正且透明化。對政府而言，協會是比較中立的單位，對產業來說則可以推廣技術並具有廣告宣傳的效益。



3. 協會運作的經費來源主要有哪些管道？

A：協會的經費目前都是靠會員的會費，目前差不多有 80 個個人會員，14 家的團體會員，一年的運作經費差不多 20 到 30 萬元。

4. 近幾年來台灣各地方政府開始積極推行綠屋頂，從協會的角度來看，政府和業者在這一波的產業發展中各自面臨什麼樣的難題？政府和業者的立場又各自為何？

A：綠屋頂和綠牆因為期望的環境效益不同，在不同的政府部門中也有其優先順序。目前對綠屋頂最積極的政府單位應屬內政部環保署，每一年都有經費撥給各縣市政府環保局執行節能減碳相關補助項目，其中指導工作又以空氣品質保護及噪音管制處為主，都發局也有一些零星補助，反觀其他的中央部會反而沒有這麼積極。由於綠屋頂與綠牆近幾年開始逐漸受到重視，因此環保署在提供經費給地方政府時也會列明建議補助項目，其中就包含綠屋頂。地方縣市政府推行綠屋頂的單位則以環保局、城鄉局或都發局為主，其中又因為受到環保署在政策與預算上積極支持的影響，地方環保局也採取較為主動的立場，提供學校或公立機關設置綠屋頂的補助。政府在做都市設計審議時，開始會把綠屋頂帶進來，建議建商施作綠屋頂以符合綠建築規範並進一步獲得獎勵。因此雖然有些政府單位沒有直接補助綠屋頂，但是可以透過都審和綠建築規範去輔助綠屋頂的推行。各地方



政府也透過自己的自治條例去推行綠屋頂並提供獎勵，例如新北市和高雄市。主要的政策目標仍然是以節能減碳降低能源消耗為主，各縣市的自治條例也對綠屋頂有不同的著墨，大安溪以北的縣市以推行綠屋頂居多，以南則以太陽能光電板為主。協會推行的方向，主要是隨著綠建築的概念發展。因為現在建商會希望獲得綠建築的容積獎勵，其中綠建築九大指標中有五項指標和綠屋頂息息相關，只要施作綠屋頂即很容易符合，所以在都審時多會被建議在設計中加入綠屋頂。由此可知協會推行綠屋頂很大一部分是仰賴著綠建築的發展架構，且都審的建議可進一步增加綠屋頂發展的機會。由於協會的成立時間尚短，目前主要的問題受限於經費有限，無法如同預期的進行綠屋頂實驗，在出版刊物上也仍需要有出版商願意協助出版刊物，因此協會最大的困難應在於經費的缺乏。協會的經費目前都是靠會員的會費，目前差不多有 80 個個人會員，14 家的團體會員，一年的運作經費差不多 20 到 30 萬元。目前協會主要作為輔助政府的角色。

5. 透過協會的對台灣綠屋頂發展的了解，試問各級政府推行綠屋頂所要達成的政策目標及欲達成的效益為何？

A：由於目前國內的綠屋頂研究仍然不夠充足，無法提出確切的量化效益，因此目前較多的綠屋頂仍然屬於整個發展趨勢的示範基地，還未有明確的政策目標指出推行綠屋頂欲達成的效益。業界也沒有足夠的資源和經費去做這些統計研究，這部分是學術界可以努力支持的方向，因為學術界也擁有較多的資源。

從政府目前主要的經費來源和單位可以發現政策推行的趨勢以節能減碳為主，其中主要執行單位有環保署空保處和各地方政府環保局、都發局和城鄉局，其中環保署空保處可以直接提供中央補助金協助地方環保局推動綠屋頂，都發局和城鄉

局則可以透過都市設計審議機制。暴雨管理和增加生物多樣性等效益則尚未被考慮。



6. 台灣各級政府目前推行綠屋頂的工具多只有容積獎勵，原因為何，是否對綠屋頂所欲達成的效益有所助益或抵觸？

A：綠屋頂的效益並不單純只有節能減碳，還包括提升生活品質、暴雨管理和提升生物多樣性等。因此以容積獎勵做為政策工具時，綠屋頂的目標效益就不是以節能減碳為主要目標，可能是為了提升生活品質和改善生活環境。當前台灣環境意識抬頭，民眾開始重視自己的周遭生活環境，因此開始產生接觸自然環境的需求。所以政策工具的使用適當與否，要視其政策目標與推行地區而定。舉例來說，為了提升生活品質因而在老舊住宅區提供容積獎勵，為了解決洪澇問題因而在易淹水地區提供污水費減免。當然這些政策工具也可以彼此結合以達到更好的效果。

2013 年 3 月 19 日 pm03:30

受訪者 A2：南部科學工業園區建管組 陳 X 環組長

地點：電話訪問並於訪談後重新記錄內容

1. 南科目前的管理現況為何，建築屋頂是否允許綠屋頂的施作？對廠區的未來規畫有甚麼樣的目標？

A：南科目前依照中央政策(經濟部能源局)的再生能源政策方針致力在園區內推行太陽能光電板，目標是將南科建立成全台灣太陽能板最密集的地區。在園區發展方向上遵循中央政府的政策方向，因此推廣以太陽能板為主而非綠屋頂。



2. 南科管理局的管理權限到哪，和廠商之間所扮演的角色為何？

A：南科管理局扮演著推廣、建議的角色，而廠商要施作太陽能光電板並賣電給台電時，則需要土地所有人南科管理局的許可，不過管理局的態度對此都是樂見其成的。那對廠商而言透過做太陽能光電板可以獲得綠建築標章所帶來的容積獎勵以及賣電給台電等。

3. 由於科工園區是承租的方式，是否可以要求廠商施作綠屋頂？

A：基本上我們現在都不希望用強制執行的方式來促使廠商施作，還是鼓勵比較多，若是要修法的話還得要往上送，行政程序繁瑣，而且若是強制執行會降低廠商進駐投資的意願。

4. 又假設要推行綠屋頂，管理局可以提供甚麼樣的協助？

A：綠屋頂相對於太陽能屋頂而言能獲得的實質財務回饋較少，反而對廠商的吸引力不高，南科管理局的態度也因此比較不支持綠屋頂的施作。

5. 管理局是否有籌措經費的管道？

A：沒有，管理局皆是以鼓勵的方式為主。主要補助的方式是經濟部能源局對太陽能光電板的直接經費補助，以及台電配合能源局推行太陽能光電板而推出電能躉購方案。然而太陽能光電板的回收年限至少需要 20 年，因此補助、獎勵、賣電回收、綠建築標章的取得對廠商來說是非常重要的，廠商施作太陽能屋頂的立場依然是從實際經濟利益上的考量出發，所以財務獎勵對廠商而言是重要的。