

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 土木科

佳作

091203

旋轉吧！綠牆—植生牆支撐架系統改良設計

學校名稱：國立彰化師範大學附屬高級工業職業學校

作者： 職二 黃若涵 職二 施璿秦 職二 張明堯	指導老師： 王秀芳 粘錦成
---	-----------------------------

關鍵詞：植生牆、外殼節能設計、轉軸式支撐架系統

摘要

本研究設計的植生牆轉軸式支撐架系統裝置理念是以旋轉門為構想來源，使植生牆可以將外部牆面轉至室內進行維修工作，改善原有植生牆支撐系統的工作性。

此裝置主要係由立桿兩側設置掛架，並於掛架面吊掛盆體，形成雙面栽植，立桿底端設軸承、軸心桿，形成可旋轉之功能。利用此裝置之旋轉功能，其實用性與設計特點如下列所示：

- (一) 由原本固定支撐改良成轉軸式支撐架系統，改善植生牆工作性。
- (二) 將植生牆轉軸式支撐架系統底座釘固於公寓大樓陽台之女兒牆，除了可形成綠色植物景觀及遮陽效果，並可調整遮陽、通風角度。
- (三) 結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板等功能，減少能源浪費，改善鐵窗外部美觀問題，及了解本研究裝置對建物立面綠化減碳之節能效益。

壹、研究動機

2011 年台灣舉辦的世界花卉博覽會應用了許多植生牆的概念，引起本研究對植生牆的好奇心，決定以此作為本研究主題。在高密度的都市中，可供平面綠化的空地愈來愈少，在此時立面建物本體壁面綠化便形成了一股新的熱潮，不用佔地面空間就可以達到美化效果。

本研究經由與植生牆廠商訪談，得知若想要使植生牆永續發展，植生牆支撐系統的工作性改良是最重要的關鍵。以台中市勤美誠品為例(如圖 1-1 所示)，它將垂直綠化應用於室內外牆面，而那些牆面都具有相當的高度，其最大的問題點就在於植栽的替換，室內可以在其後方預藏管道工作間，但在室外只要部分植栽毀損，就需要動用到懸臂機具，非常不符合經濟效益。另外，植生牆若遇到建物開口部，會因固定式架構擋住陽光造成室內不透光，所以施作時常會避開開口處，但這樣會使外牆面綠化不具整體性。

植生牆目前使用在台灣的案例大多應用於工地圍籬與公共場所(如圖 1-2 所示)，但在住宅建物立面窗戶及陽台開口部應用並不普及，經過這次的資料查詢發現國內的相關文獻較為罕見。本研究希望能夠藉由植生裝置改良設計讓壁面綠化能在國內外被廣泛的運用在生活中(例如：陽台、建物窗戶開口…等建築立面綠化)，不但可以取代城市中鐵窗到處林立之現象，增進市容觀瞻，還可以創造建物外殼節能及立體生態綠廊雙贏的永續城市。



圖 1-1 植生牆案例：台中勤美誠品



圖 1-2 植生牆案例：工地圍籬

貳、研究目的

本研究將壁面綠化技術融入建築物外殼節能設計，設計出工作性較佳的植生牆轉軸式支撐架系統與滑動式生牆支撐架系統，這兩種工法概念皆源自於百葉遮陽板，既可以達到綠化效果也可以不影響室內採光，更可以結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板等功能，減少前述資源之浪費與改善鐵窗外部美觀問題。轉軸式支撐架系統的特點在於將原有的固定支撐改良成旋轉架構，改善其工作性。滑動式支撐架系統的特點則是在於各植栽單元可以隨著陽光的投射方向而滑動位置以阻擋陽光，不但可以遮陽也不會造成室內採光與觀景視野的問題。

依據文獻參考及各架構系統特點分析，本研究選定最適之支撐架系統作為改善壁面綠化之工作性。

本研究探討之目的如下所示：

- 一、 研究壁面綠化之工作性及可行性。
- 二、 研究壁面綠化支撐層改良設計之方法。
- 三、 選定最佳植生牆架構支撐架型式作為本次研究之裝置設計之模擬及改良成果。
- 四、 探討本研究裝置成本分析及模擬應用於建物立面綠化實際節能減碳之效益。

參、研究設備及器材

一、實驗材料

本研究將實驗材料依架構部位分為壁面層、支撐層、植栽基盤層與設備層四類，如下列所示：

(一) 壁面層應用材料：C 型鋼 (如表 3-1 所示)

表 3-1 壁面層應用材料

材料設備名稱	圖片	說明
1. C 型鋼		本研究以 C 型鋼替代植生牆底部牆面作為示意。

來源：本研究整理

(二) 支撐層應用材料：滾珠軸承、油封、盆體固定鐵架、膨脹螺絲(壁虎) (如表 3-2 所示)

表 3-2 支撐層應用材料

材料設備名稱	圖片	說明
1. 滾珠軸承		滾珠軸承主要包含內環、外環、滾動體(為球形之鋼珠)及間隔器，滾珠軸承利用球形之鋼珠滾動，近似滾動磨擦，滾珠及座圈間的相對運動之特性中，含有滑動成分。
2. 油封		油封的作用是保持系統中之壓力，防止液壓油及灰塵之洩漏或進入，且由具有抗壓、抗磨、耐熱等特性之人造橡膠或合金材料製成。
3. 盆體固定鐵架		用以掛附植栽盆體之不鏽鋼鐵架。
4. 膨脹螺絲(壁虎)		膨脹螺絲之固定乃是利用楔形斜度來促使膨脹產生摩擦握裹力，達到錨定效果。

來源：本研究整理

(三) 基盤層應用材料：疊置式植栽槽 (如表 3-3 所示)





表 3-3 基盤層應用材料

材料設備名稱	圖片	說明
1. 疊置式植栽槽		疊置式植栽槽為將數個栽培槽以足夠供植物生長之空間距離層層相疊，再將植物種植於栽培槽中，安裝或附掛於結構壁面上的支承構件中。

來源：本研究整理

(四) 設備層之給水系統應用材料：PE 管、單孔穩壓滴水頭、T(L)型水管接頭、快速接頭 (如表 3-4 所示)

表 3-4 設備層之給水系統應用材料

材料設備名稱	圖片	說明
1. PE 管		作為輸水之用。
2. 穩壓滴水頭		可直接嵌入 PE 管上使用，滴頭具有穩壓作用，使各單位能均勻給水。
3. T、L 型水管接頭		T、L 型水管接頭用於排水管路配管。
4. 快速接頭		連接外部水管及 PE 管之用。其特點能旋轉而不致使外部水管打結。

來源：本研究整理

二、實驗設備

本研究實驗設備包含：熱烘槍、沉水馬達、榔頭、園藝剪刀，如表 3-5 所示。

表 3-5 本研究實驗設備

材料設備名稱	圖片	材料設備名稱	圖片
1.熱烘槍		2.榔頭、扳手	
3.沉水馬達		4.園藝剪刀	

來源：本研究整理

三、植栽種類

壁面綠化植栽種類可分為**地被類**、**攀爬類**、**懸垂類**及**矮灌木類**(建議植物種類詳見於附錄 1)，本設計所應用之植栽槽鑲入植栽以地被類植物為主，其特點如下列所示：

1. **地被類**：指高度不及 60 公分之低矮常綠性植物，大部分的地被植物都是匍匐性或蔓延性，但是也有少部分為直立性的。地被植物在景觀上具有防止土壤沖蝕、減少眩光、降低地面熱氣、減少噪音、防止污染等功能。尤其是在壁面綠化上，及水土保持上能取代草地之用，對環境之美化及改善具有很大的功效，在壁面綠化方式上，只能以吊盆栽植，否則不易栽植在垂直面上，除非以設計花牆的方式，才能垂直表現。
2. **攀爬類**：攀爬性的藤蔓植物可以柔化生硬的人工牆面與籬笆，作為建築物與自然景觀之間的連絡橋樑，產生整體之美感；還可以隔離醜陋的景物、產生綠蔭、減少眩光、反射熱氣及遮蔽不美麗的牆面或建築物，是壁面綠化最重要的材料。藤蔓植物有常綠者亦有落葉者。其葉、花、果實及枝條具有季節性的色澤變化。
3. **懸垂類**：懸垂類植物無纏繞能力，亦無氣根捲鬚可供攀爬之構造，只能匍匐生長蔓延，如栽植在高處，就會自然下垂稱為懸垂植物。
4. **矮灌木類**：灌木的高度在 3-6m 以下，枝幹系統不具明顯治理的主幹（如有主幹也很短），並在出土後即行分枝，或叢生地上。從近地面的地方就開始叢生出橫生的枝幹。大多是多年生，一般為闊葉植物。如其高度不超過 0.5m 的稱為小灌木；如地面枝條冬季枯死，隔年春天重新萌發者，成為半灌木。

肆、研究過程及方法

一、研究過程流程圖

本研究過程流程圖，如圖 4-1 所示。

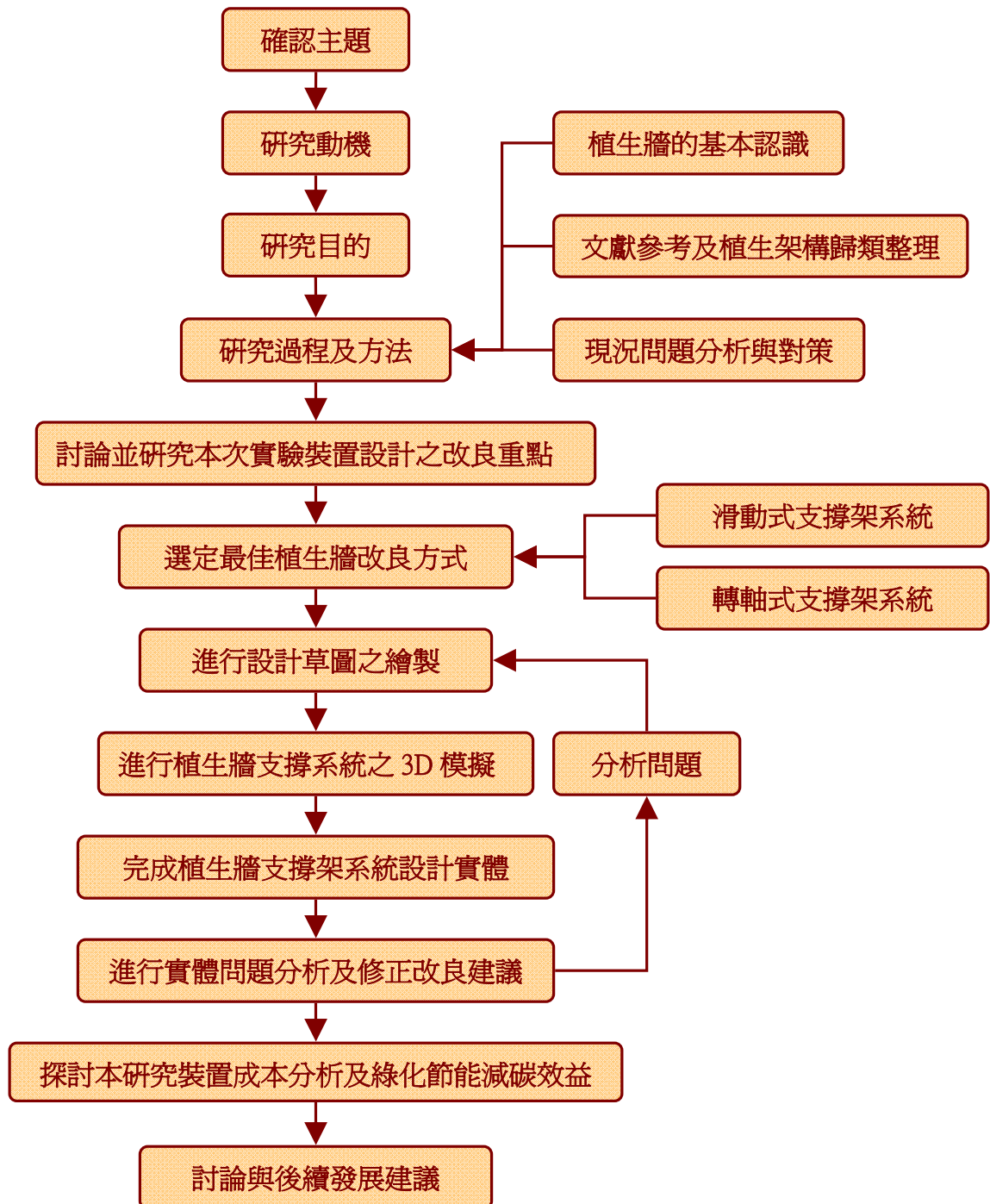
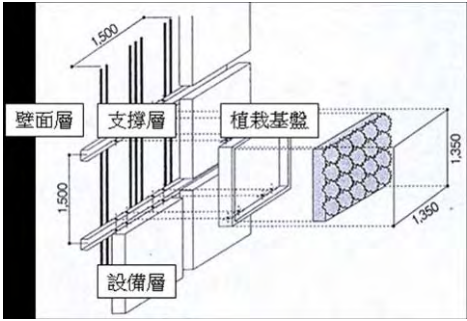
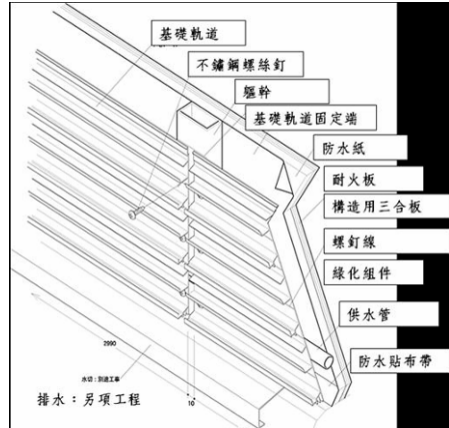
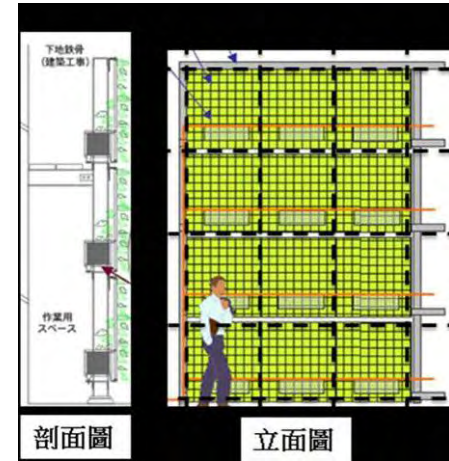


圖 4-1 本研究過程流程圖

二、文獻彙整

植生牆植生牆整體架構：本研究將植生牆整體構架系統分類整理成表 4-1~4-3 所示。

表 4-1 植生牆整體架構(一)

名稱	種類	圖示
1. 支撐架系統 (如圖 4-2 所示)	(1) 壁面層 ：施做壁面綠化之建築物外圍牆壁的部分。	 <p>圖 4-2 支撐架系統</p>
	(2) 支撐層 ：綠化系統施做於建築物壁面之支撐構架。	
	(3) 植栽基盤層 ：裝附植栽及其介質(土壤)之容器。	
	(4) 設備層 ：供應綠化植栽生長之給水裝置以及排放餘水之排水設備。	
2. 支撐層骨架系統形式	(1) 點狀支撐系統 ：將植栽基盤直接以固定繫件和壁面接合，需考慮到施工方便性、基盤固定位置精確度、固定繫件的強度和事後拆裝維護等問題。	 <p>圖 4-3 複合式支撐系統</p>
	(2) 線狀支撐系統 ：組構的方式為先將直料或是橫料以固定繫件架設於建物壁面上，再將植栽基盤與以安裝設置上去。	
	(3) 複合式支撐系統 ：為直、橫料骨架搭配板片相結合的一種型式，先將直料或橫料骨架固定於建物壁體上，再將專供介質板式面磚使用的橫向版式扣附材以螺絲或夾件固定於直料上。最後再將面磚利用螺絲或凹槽固定於板材上，如圖 4-3 所示。	
	(4) 構架支撐系統 ：為支撐層唯一完整的立體構架體，其就將完整的構架體利用固定繫件架設於壁體上，之後再將植栽基盤固定或掛附於構架體上。	
	(5) 格子狀支撐系統 ：以直料與橫料構成的格子式骨架，施工方式為在建物壁面上先架設直料、橫料骨架，再架設與其正交的次骨架系統，最後再將植栽基盤固定於骨架上，如圖 4-4 所示。 本研究即使用此支撐層骨架系統形式。	
		 <p>圖 4-4 格子狀支撐系統</p>

來源：本研究整理

表 4-2 植生牆整體架構(二)



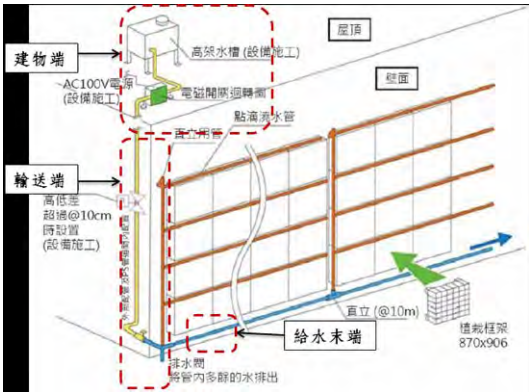
名稱	種類	圖示
3. 澆灌裝置種類	(1) 灑水管 ：澆水量多半控制在少量。適合植物的澆水方式，但是很費工夫，如圖 4-5 所示。	
	(2) 噴霧式 ：霧狀灑水，灑水範圍狹窄易受風影響，但是不需要加壓裝置，可直接用自來水。適合雨水淋不到的狹窄植栽區。	
	(3) 底面澆水 ：效率節省能源型。設有貯存層利用毛細管現象吸起水的方式。有槽式和水耕等系統。	
	(4) 滴流管式 ：包括內藏和後裝滴流器 (dripper) 兩種型。後裝型的一踩就脫落。高效率節省能源型。不容易出現澆水不均勻。可以埋在地中。	
	(5) 滲出管式 ：高效率節省能源型。不適合裝在地基有高低差的地方。管內一旦有空氣侵入，有時候會出現澆水不均勻，可以埋在地中。	
	(6) 滴流管式 ：滴頭具有穩壓作用，使各單位能均勻給水，如圖 4-6 所示。 本研究即使用此澆灌裝置種類。	
4. 給水設備分析 (如圖 4-7 所示)	(1) 建物端 ：包括給水槽、電力設備箱、接續配管與自動灑水計時器，但計時器需看是否有配合自動灑水設備而使用。	
	(2) 輸送端 ：輸送至植栽槽的管線，有配合使用減壓閥與逆止閥的情形。	
	(3) 給水末端 ：輸送至植栽槽的管線在末端的時候依據適用的給水方式供給植栽用水。	

圖 4-7 給水設備分析

來源：本研究整理

表 4-3 植生牆整體架構(三)

名稱	種類	圖示
5. 基盤形式	(1) 介質板式 ：溶性的膠合劑膠合至多孔質隔熱陶質板成固化狀之「介質板」，再將此「介質板」溝扣固定於背撐金屬板，給排水系統建置於金屬橫槽中。	<p>支柱斷面部 基礎螺栓 預先培養基盤介質 間隔板 小型植栽 構造體</p> <p>圖 4-8 盆景式</p>
	(2) 盆景式 ：以塑膠格柵或金屬格柵固定於結構牆上，如圖 4-8 所示。	
	(3) 不織布框組式 ：其原理改良至英國常採用的「薄膜流層營養液栽培法」。	
	(4) 箱盒式(嵌板式) ：先將植物生長所需之栽培介質，裝置於箱盒中，在栽培場預製種好後在吊掛於預先固定於壁面之構架上。	
	(5) 槽型式 ：目前在台灣運用的最為廣泛，探究其主要原因為構成型式單純，植栽基盤容積尺寸小，取附施工容易，可在短時間內利用植栽基盤的拼接固定達到多種植構成所需圖樣的綠化效果，如圖 4-9 所示。 本研究即採用此基盤形式。	<p>165mm 128mm 112mm 槽體1 進水管1 進水管2 排水管 嵌扣環 槽體2</p> <p>圖 4-9 槽型式</p>

來源：本研究整理

三、植生牆支撐架系統改良設計

經過對植生牆基本認識後，本研究決定與植生牆廠商配合研發新型植生牆支撐架系統，本設計過程如下：

(一) 現況問題分析

透過與廠商訪談過後，本研究發現影響植生牆永續發展的關鍵在於能否改善原有植生牆支撐架構之**工作性問題**，目前許多位於建物高處之植栽的養護模式尚須仰賴懸臂機具作植生牆的修護及花卉維生系統的維修，維修及養護之累積金額甚至可能高過於原購買價格，不但增加難度更提高成本，致使目前植生牆未能普及，詳細現況問題分析如表 4-4 所示：

表 4-4 現有植生牆現況問題分析

現有植生牆現況問題分析
1. 高處植栽需仰賴大型機具才得以替換，這樣較不符合經濟效益。
2. 現在的植生牆都是固定在同一牆面上，所以無法有效的改善遮陽及通風的問題。
3. 固定式架構容易擋住陽光造成室內不透光，所以施作時常會避開開口處，使牆面綠化較不具整體性。
4. 植生牆面尚未普及化，且獨立給水單價過高。許多委託單位為節省開銷而選擇整體給水，因而造成上部土壤乾裂、下部植栽根部腐爛及病蟲害的垂直感染等問題。

來源：本研究整理

(二) 改良設計方案及分析

經過本研究初步討論後，將原有支撐架系統設計改良出以下兩種形式，並針對方案做初步探討，以選取最佳方案為本研究主題，如下：

1. 轉軸式支撐架系統：

轉軸式設計理念是以**旋轉門**為構想，使植生牆可以透過旋轉，將外部牆面轉至室內進行維修及養護的工作，如此以來可以改善原有植生牆系統的工作性，讓植栽養護不必再仰賴懸臂機具，以減少更替之難度並降低人事成本(如圖 4-10 所示)。

2. 滑動式支撐架系統：

滑動式設計理念是以**和式拉門**為構想，藉由軌道滑動的方式改善原固定植生牆造成室內透光的問題，還可以隨著陽光照射的角度來調整牆面，可以有效達到遮陽效果(如圖 4-11 所示)。

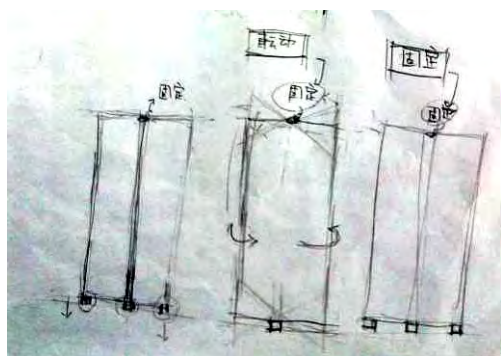


圖 4-10 轉軸式模擬草圖

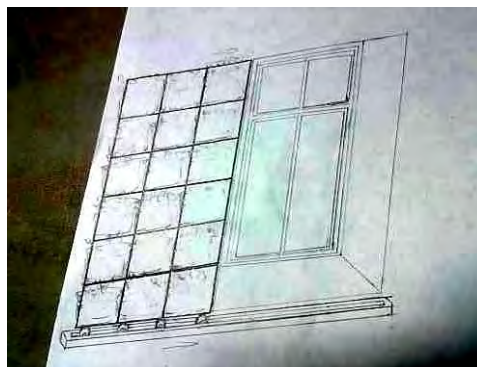


圖 4-11 滑動式模擬草圖

(三) 設計方案分析

本研究針對設計方案做初步探討，分析其可行性，以選取最佳方案為本研究主題：

1. 轉軸式支撐架系統

(1) 改良後優點：

- A. 旋轉架構改善原有架構之工作性達永續發展，目前此架構在市面上並不存在。
- B. 可旋轉各植栽調整角度以阻擋陽光，解決室內西曬及採光的問題。
- C. 整體架構為各獨立的單元所組成，在拆卸或安裝上較為方便。
- D. 結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板等功能，改善建築物鐵窗外部美觀問題。

(2) 改良後缺點：

- A. 旋轉半徑需配合窗檯深度來裝置，空間需求大。
- B. 植栽盆體間需預留旋轉半徑，存在間距會造成牆面綠化較無整體性。

2. 滑動式支撐架系統

(1) 改良後優點：

- A. 可滑動各植栽以阻擋陽光，解決室內採光的問題。
- B. 結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板等功能，改善建築物鐵窗外部美觀問題。

(2) 改良後缺點：

- A. 枯葉葉掉落至使軌道阻塞，致使植生牆無法滑動。
- B. 無法有效改善植生牆之工作性問題
- C. 底部的滑軌必須支承上部整座植生牆，須考量到載重安全問題。

表 4-5 設計方案優點分析

設計方案優點分析說明	轉軸式	滑動式
a. 植物替換等工作性改善。	佳	無
b. 室內透光與陽光遮蔽。	佳	佳
c. 結合鐵窗等功能，減少資源浪費並改善外部美觀問題。	佳	佳
d. 拆卸及安裝方便	佳	差

來源：本研究整理

表 4-6 設計方案缺點分析

設計方案缺點分析說明	轉軸式	滑動式
a. 旋轉半徑會因窗台深度受限，空間需求大。	尚可	無
b. 枯葉使軌道阻塞，致使單元無法滑動。	無（轉軸活動自如）	差（軌道易阻塞）
c. 無法有效改善植生牆之工作性問題。	無	差
d. 植栽盆體間需預留旋轉半徑，存在間距會造成綠面無法延續。	（需預留旋轉半徑）	（推拉深度需足夠）
e. 植生牆是否能安全承載重量	無	差

來源：本研究整理

經過本研究資料比對及討論過後，發現滑動式支撐架系統無法有效改善植生牆之工作性，所以本研究最後決定以轉軸式支撐架系統為本次設計重點。

(四) 設計應用特點

經過相關文獻資料整理，本研究決定以下列支撐架系統作為設計參考：

1. 格子狀支撐系統：

以直料與橫料構成的格子式骨架，施工方式為在建物壁面上先架設直料、橫料骨架，再架設與其正交的次骨架系統，最後再將植栽基盤固定於骨架上，如圖 4-12 所示。

2. 槽型式基盤：

目前在台灣運用的最為廣泛，探究其主要原因為構成型式單純，植栽基盤容積尺寸小，取附施工容易，可在短時間內利用植栽基盤的拼接固定達到多種植栽構成所需圖樣的綠化效果，如圖 4-13 所示。

3. 滴流管式澆灌裝置：

家用自來水就能使用。依噴頭的種類可以做下方灑水和上方灑水等不同的澆水，本設計應用之噴頭為穩壓滴頭，具有穩壓作用，使各單位能均勻給水，如圖 4-14、4-15 所示。



圖 4-12 格子狀支撐系統



圖 4-13 槽型式基盤

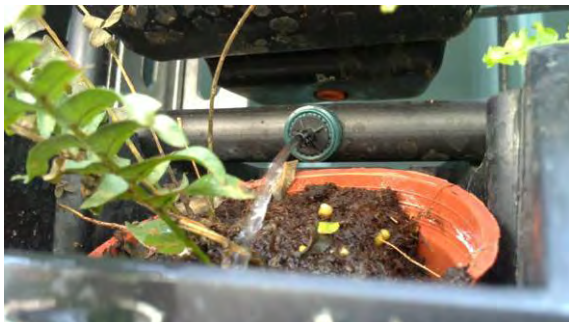


圖 4-14 微噴灑式澆灌裝置

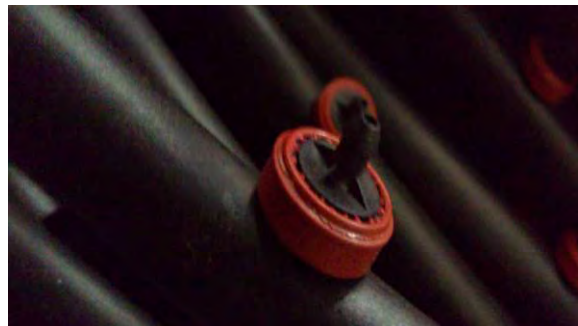


圖 4-15 滴流管式澆灌裝置

(五) 轉軸式支撐架系統模擬設計

1. 設計特點

- (1)軸承：本研究是以**旋轉門**為構想，為**改善其工作性**，我們將滾珠軸承融入其中，使牆面可以旋轉，這樣不但能將植物轉至室內進行替換及維護，也能利用旋轉所形成的角度改善透光遮陽及通風問題。（目前在市面上並沒有轉軸式架構的存在，本組合作廠商目前正進行專利申請，已通過初步審核，進入申請階段。）
- (2)快速接頭：在供水部分，我們將供水管置入旋轉主軸與上部的快速接頭作承接，使架構**旋轉時還能維持給水狀態而不致使水管打結**。
- (3)沉水馬達：可以將上部植栽流至底部的水抽至頂部給水形成水循環。
- (4)油封：可以包覆底部軸承達到**防水、防鏽及防塵**效果。
- (5)底座：為達到輕巧方便，本研究以 C 型鋼作為底部牆面的示意。在固定部分打入膨脹螺絲做接合，希望採用**鑲入式施工**，盡量以**不破壞原有建築物結構**為原則，讓舊有房屋也能方便進行垂直綠化。

2. 模擬圖

轉軸式支撐架系統模擬圖如下所示，共分為手繪及 3D 模擬兩種：

(1) 手繪草圖（來源：本研究繪製）

本研究設計之轉軸式支撐架系統主要應用於建物開口部，為改良原有植生牆工作性，我們決定應用滾珠軸承，使原有固定式架構能夠旋轉，讓懸掛於室外的植物能夠旋轉至室內做維護工作，不但能節省時間，更能減少資源的耗損，如圖 4-16~4-19 所示。

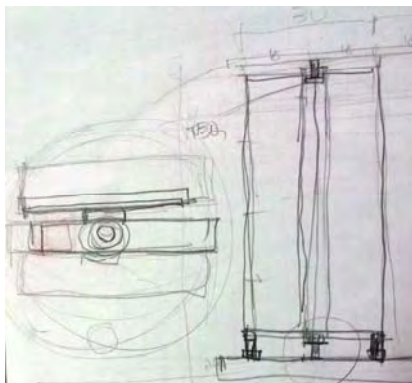


圖 4-16 旋轉模擬圖

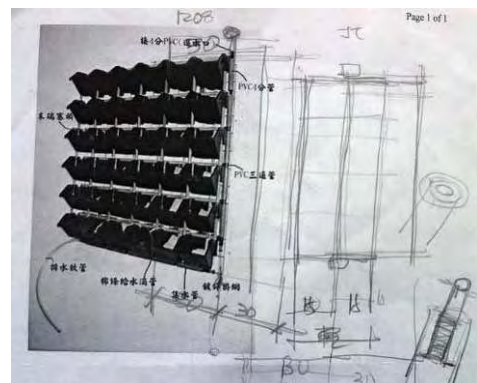


圖 4-17 支撐架構融入植栽槽示意圖

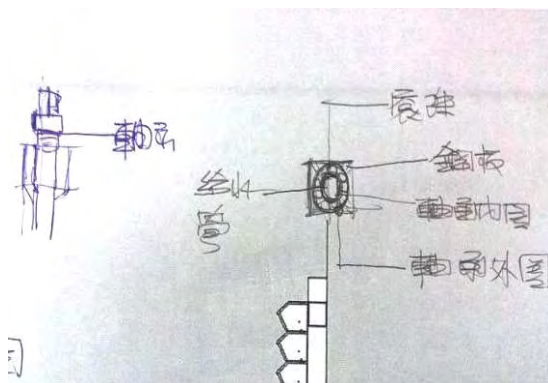


圖 4-18 滾珠軸承應用

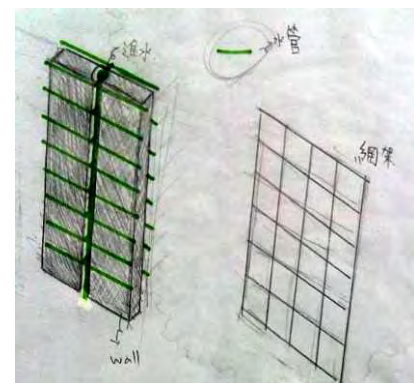


圖 4-19 植生牆給水系統模擬

(2) 轉軸式支撐架系統 3D 模擬圖 (來源：本研究繪製)

本研究之 3D 模擬程序共分為三階段進行，第一階段之模擬圖為裝置架構尺寸依建物實際大小模擬而成(如圖 4-20~4-24 所示)；第二階段為與廠商配合進行初步實體製作而繪製(如圖 4-25 所示)；第三階段為經過多次討論與改善後，我們研擬出展示用之模組(如圖 4-26~4-27 所示)。



圖 4-20 植生牆整體模擬圖



圖 4-21 植生牆單元俯視圖



圖 4-22 植生牆底部集水槽

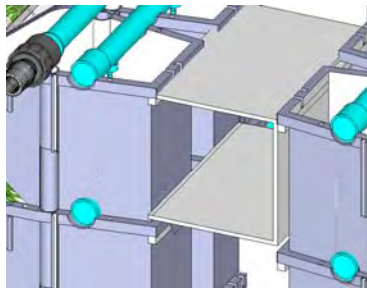


圖 4-23 後方 C 型鋼支撐架

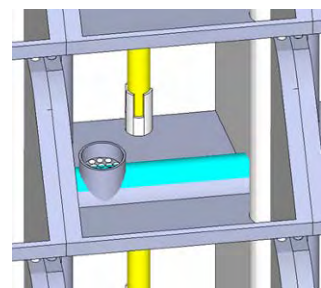


圖 4-24 植栽槽排水系統

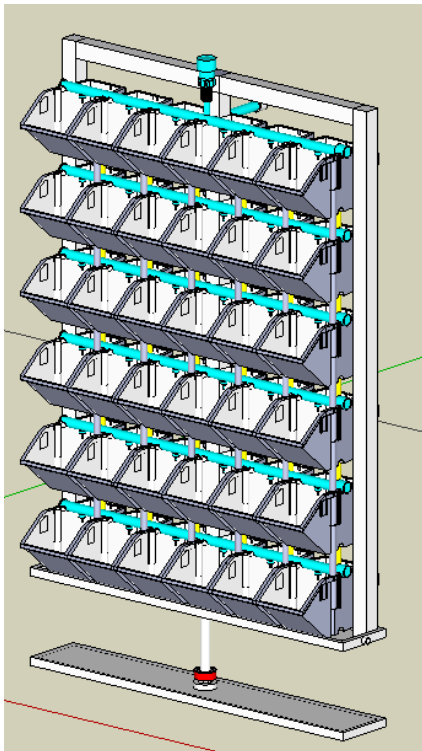


圖 4-25 初步實體製作 3D 模擬圖

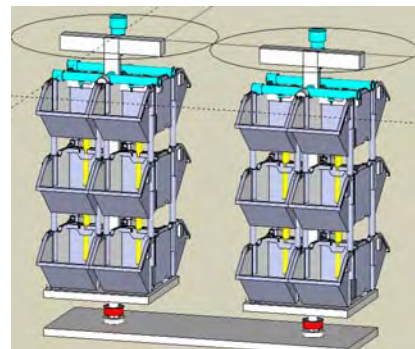


圖 4-26 展示用模型 3D 模擬

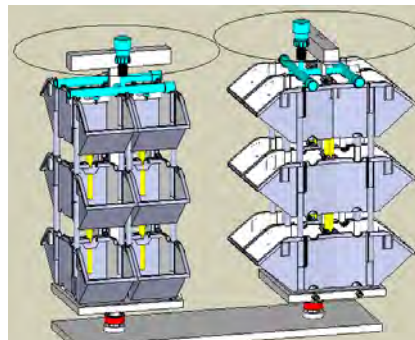
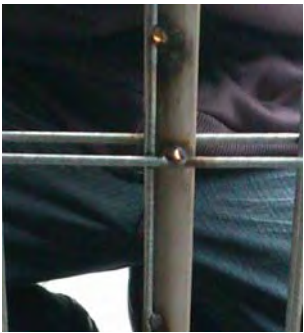


圖 4-27 展示用模型旋轉示意圖

(六) 製作過程紀錄

經過與植生牆廠商多次的訪談與討論(內容詳見於附錄 2)，本研究成員依計畫終於進到工廠進行實作，詳細製作過程如表 4-7 所示。

表 4-7 製作過程紀錄表(一)

<p>1. 步驟一： 鐵件焊接，運用點焊將支撐架及轉軸結合。(如圖 4-28、4-29 所示)</p>	  <p>圖 4-28 支撐架點焊完成 圖 4-29 細部點焊詳圖</p>
<p>2. 步驟二： 於 C 型鋼上鎖入膨脹螺絲，並置放滾珠軸承。(如圖 4-30、4-31 所示)</p>	  <p>圖 4-30 鎖入膨脹螺絲，並置放滾珠軸承 圖 4-31 滾珠軸承</p>
<p>3. 步驟三： 擺放支撐架。(如圖 4-32、4-33 所示)</p>	  <p>圖 4-32 置放支撐架 圖 4-33 支撐架底部示意圖</p>
<p>4. 步驟四： 組裝植栽槽。(如圖 4-34、4-35 所示)</p>	  <p>圖 4-34 組裝植栽槽體 圖 4-35 將組裝好的盆體鑲上鐵架</p>

來源：本研究拍攝

表 4-8 製作過程紀錄表(二)

5. 步驟五：

裁剪 PE 管，並以熱烘槍將其軟化與 T(L)型水管接頭接合。
(如圖 4-36 ~4-39 所示)



圖 4-36 剪取所需 PE 管長度



圖 4-37 以熱烘槍軟化 PE 管



圖 4-38 PE 管與 T(L)型水管接頭接合



圖 4-39 置入植栽槽

6. 步驟六：

將 PE 管置入植槽，鑽孔插入穩壓滴水頭，並於頂部連接快速接頭。
(如圖 4-40~4-43 所示)



圖 4-40PE 管鑽孔



圖 4-41 鑲入穩壓滴水頭



圖 4-42 PE 管安裝完成示意圖



圖 4-43 頂部 PE 管連接快速接頭

來源：本研究拍攝

伍、研究結果

一、植生牆轉軸式支撐架系統實驗實體裝置成果：

本研究經討論及模擬過後，再進一步與廠商合作，由本研究小組成員自行組裝將實體裝置製作出來，如圖 5-1~5-4 所示。



圖 5-1 實體裝置成果(一)



圖 5-2 實體裝置成果(二)



圖 5-3 裝置鑲入植栽之成果(一)



圖 5-4 裝置鑲入植栽之成果(二)

本研究裝置改良之轉軸式支撐架系統實體依給水管架設系統的不同分為兩種裝置成果說明如下：

(一) 主幹管給水系統裝置：

主幹管給水系統裝置(如圖 5-5 所示)在施作過程中發現在兩面對應植栽槽 PE 管連接部分無法承接，最後以管徑較細之 PE 管將水引至被面對應之盆體(如圖 5-6 所示)，造成單面給水系統形式較為複雜。



圖 5-5 主幹管給水系統裝置完成圖



圖 5-6 主幹管 PE 管給水系統裝置完成圖

(二) 簡易給水系統裝置：

此系統將給水系統移至支撐架中心，在以管徑較細的 PE 管連接至各盆體(如圖 5-7 所示)，將此裝置作為植栽培養單元。



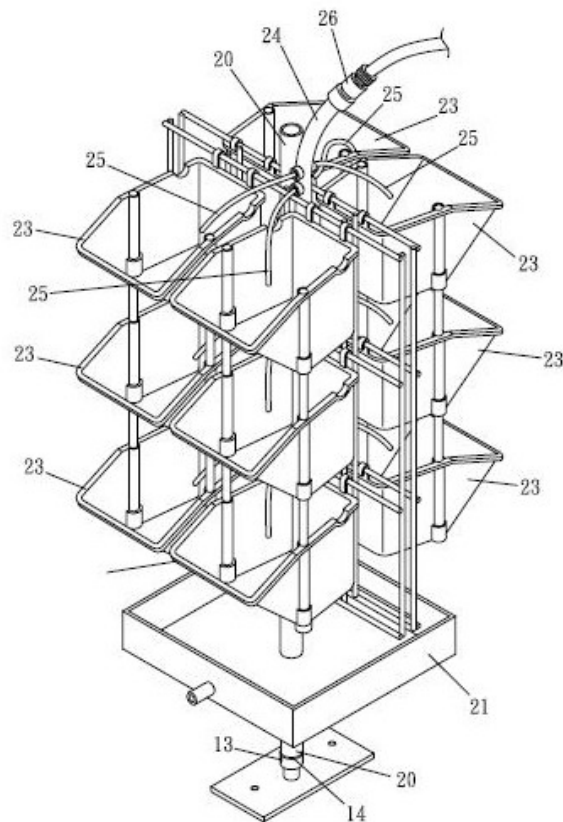
圖 5-7 簡易給水系統裝置完成圖



圖 5-8 簡易 PE 管給水系統完成圖

二、植生牆轉軸式支撐架系統實體組裝圖

系統主要構件說明，如圖 5-9~5-11 所示(系統實體組裝圖詳見於附錄 3)：



- | | |
|--------|--------|
| 10 底座 | 22 掛架 |
| 11 軸心桿 | 23 盆體 |
| 12 軸承 | 24 供水管 |
| 13 護罩 | 25 副水管 |
| 14 墊片 | 26 接頭 |
| 20 立桿 | 21 集水盤 |
| 27 女兒牆 | |

圖 5-9 植生牆轉軸式支撐架系統實體立體圖

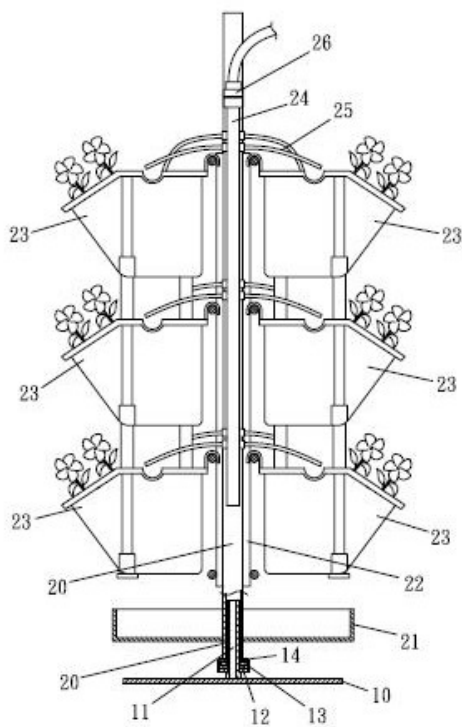


圖 5-10 植生牆轉軸式支撐架系統實體側面圖

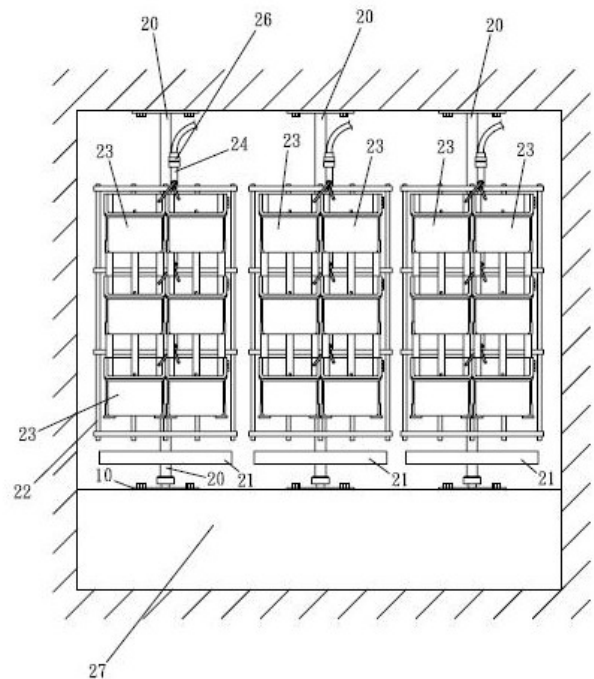


圖 5-11 植生牆轉軸式支撐架系統實體立面圖

三、植生牆轉軸式支撐架系統之 3D 模組模擬成果，如圖 5-12~5-14 所示。

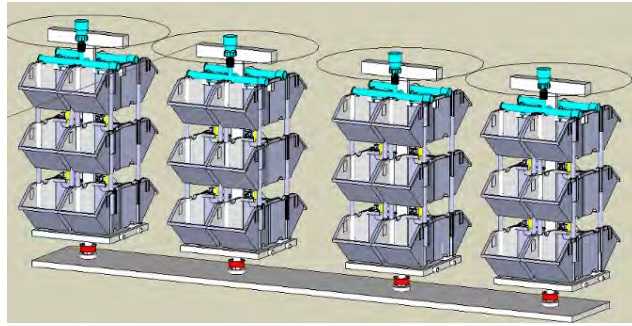


圖 5-12 裝置架構 90 度正向模擬

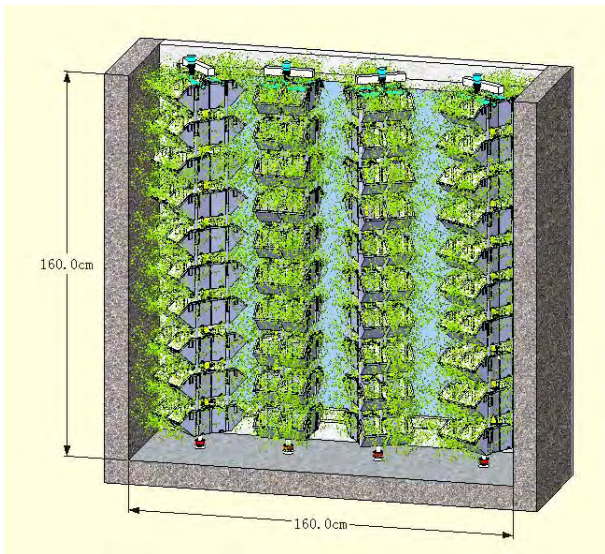


圖 5-13 建築物開口部裝置架構之室外模擬

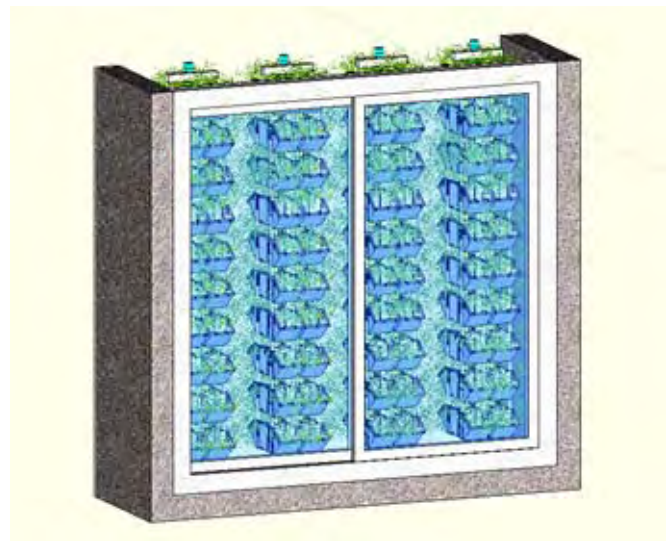


圖 5-14 建築物開口部裝置架構之室內模擬



圖 5-15 建物開口部裝置架構之建物立面模擬示意(一)



圖 5-16 建物開口部裝置架構之建物立面模擬示意(二)

四、本研究成果裝置成本分析建議

本研究在進行完實體製作與 3D 模擬過後，針對窗戶大小 160x160cm 模組做成本估算，如表 5-1 所示。

表 5-1 裝置模擬成本分析表(以窗戶 160x160cm 單元為例)

成果裝置成本分析建議表(針對窗戶大小 160x160cm 模組做成本估算)						
項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
一	花盆架固定結構工程					
1	盆體固定鍍鋅鐵架	M ²	3.46	500.00	1,728.00	
2	組裝工資	式	1.00	2,300.00	2,300.00	*量化可降低成本
	小計				4,028.00	
二	組合花盆工程					
1	塑膠 PP 盆體	個	160.00	15.00	2400.00	*量化可降低成本
2	前支撐管	支	288.00	1.50	432.00	
3	後排水管	支	144.00	2.00	288.00	為降低成本，可視情況選購
4	不織布—9.1cm*9.1cm	片	144.00	1.00	144.00	
5	盆體固定夾	支	160.00	1.00	160.00	
	小計				4,544.00	
三	盆澆灌設施工程					
1	2L/H 穩壓滴頭	個	160.00	8.00	1,280.00	
2	PE 管	M	9.70	25.00	242.50	
3	末端束環	個	4.00	6.00	24.00	
4	3/4" T 型接頭	只	4.00	20.00	80.00	
	小計				1,626.50	
四	植栽工程					
1	草花（袋苗）	株	160.00	10.00	1,600.00	
	小計				1,600.00	
五	花牆供水系統設備工程					
1	1HP 110V 1" ϕ 沉水馬達	台	1.00	3,600.00	3,600.00	
2	1" ϕ 蝶式過濾器	組	1.00	3,200.00	3,200.00	
3	1" ϕ AC 控制電磁閥(定時器)	組	1.00	2,000.00	2,000.00	為降低成本，可視情況選購
	小計				8,800.00	
	總價(總計)				19,478.50	17,190.50(扣除可選購項目)

來源：本研究繪製

為延長植生牆使用期，本研究選用的特殊材料單價稍高(如：獨立給水系統、穩壓滴頭)，若裝設時需考量成本花費，部分項目可視情況選購，也因為目前轉軸式支撐架系統在市面上尚未量化，若材料量產便能夠有效降低成本約一 ~ 二成。

五、植生牆轉軸式支撐架系統實際建物模擬及 CO₂ 固定量計算

本研究將裝置套用至業界現有 3D 建物繪製出綠牆推廣研究中心，模擬出實際狀況(如圖 5-17~5-21 所示)，並計算出本裝置設於建築物所之總 CO₂ 固定量，如表 5-2、5-3 所示。



圖 5-17 綠牆推廣研究中心(改造前)



圖 5-18 植生牆轉軸式支撐架系統實際建物模擬圖(一)

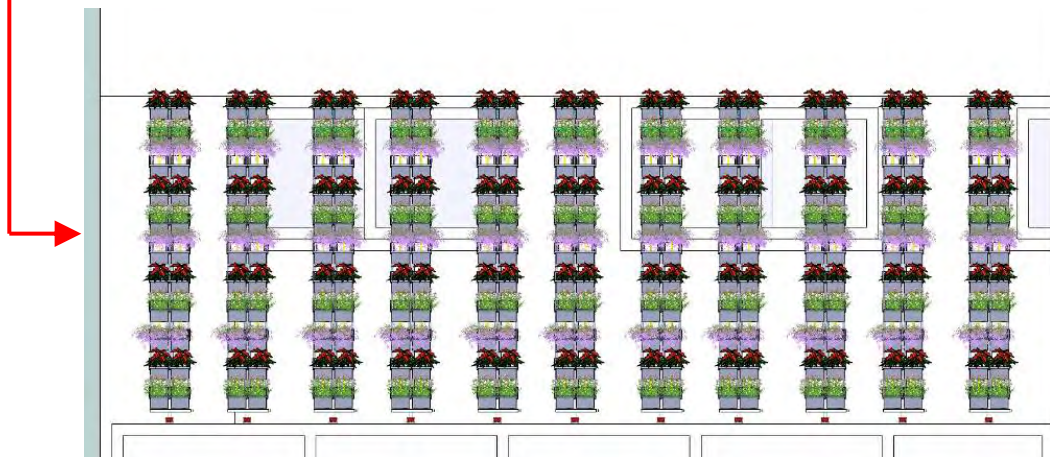


圖 5-19 正向局部放大模擬圖

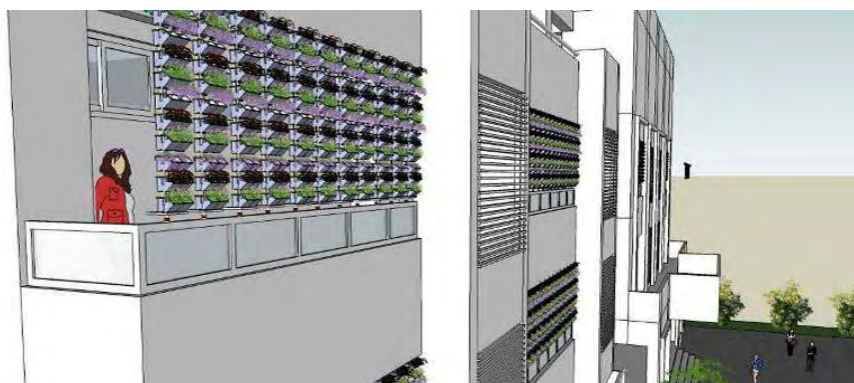


圖 5-20 植生牆轉軸式支撐架系統實際建物模擬圖(二)

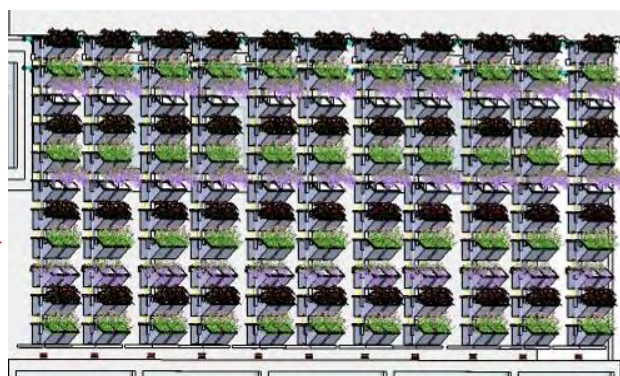


圖 5-21 側向局部放大模擬圖

所謂綠化量指標乃是以「**植物對吸收二氧化碳的固定效果**」作為綠化量的總量管制，針對建築環境中的空地、陽台、屋頂、壁面進行全面綠化設計的評估，藉以鼓勵綠化多產生氧氣、吸收二氧化碳、淨化空氣，進而達到緩和都市氣候高溫化現象、改善生態環境、美化環境的目的。本研究依據綠建築設計技術規範，計算出本裝置應用於建物之 CO₂ 固定量計算及相關比較結果如下所示(詳細計算補充內容詳見於附錄 4)。

$$\text{總 CO}_2\text{固定量 (TCO}_2\text{)} = A_i (\text{綠化面積}) (\text{m}^2) \times G_i (\text{CO}_2\text{固定量}) (\text{kg/m}^2)$$

表 5-2 CO₂ 固定量計算結果

項目	A _i (綠化面積) (m ²)	G _i (CO ₂ 固定量) (kg/m ²)	CO ₂ 固定量 (TCO ₂) (kg)
綠牆推廣研究中心	381.48	(300+100+20) / 3 = 140	53407.2
160cm×160cm 窗戶	3.84		537.6

來源：本研究繪製

表 5-3 CO₂ 固定量與冷氣及汽車使用之 CO₂ 排放量換算比較

項目	綠牆推廣研究中心	160cm×160cm 窗戶
使用冷氣時數換算 (0.621kg / 時)	86001.93237hr ÷ 10 年	865.7004831hr ÷ 1.2 月
汽車公里數換算 (0.220kg / 公里)	242760km ÷ 繞地球 6 圈	2443.636364km ÷ 繞台灣 2.2 圈

來源：本研究繪製

由表 5-2~5-3 得知，將本裝置系統裝設於一**扇窗戶**(以 160x160cm 為例)所累積二氧化碳固定量 538kg 與冷氣排碳量作換算，約等於冷氣持續吹 1.2 個月的排碳量；與汽車排碳量作換算，約等於汽車繞台灣 2.2 圈的排碳量，若再將其裝設於公共建物所增加的二氧化碳固定量則更為可觀(以綠牆推廣研究中心為例，其累積二氧化碳固定量為 53407.2kg)。

陸、討論與建議

一、植生牆支撐架系統改良成果之現況問題分析

- (一) 旋轉半徑需配合窗臺深度來裝置，空間需求大。
- (二) 植栽盆體間需預留旋轉半徑（約 10cm），使得植栽單元存在間距會造成植栽牆面無法延續，不過卻可以創造出建築物立面光影變化的效果，如圖 6-1 所示。
- (三) 本研究植生牆轉軸式支撐系統之植栽採雙面種植，但若需要將牆面旋轉角度以達遮陽效果，會造成植栽槽側面外露的美觀問題，如圖 6-2 所示。



圖 6-1 植生牆轉軸式支撐系統裝置

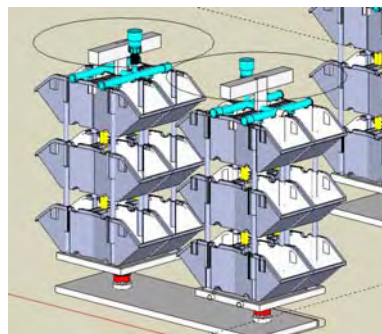


圖 6-2 轉軸式架構轉動角度模擬圖

- (四) 植栽採雙面種植，可能造成室內外植物受光程度不均。
- (五) 初步研發之植生牆裝置改良多為人工組立焊接，故成本稍高。

二、改善現況問題建議

- (一) 旋轉半徑因窗台深度受限，施作時須依現場狀況評估，作適當的調整。
- (二) 旋轉半徑的問題，可以以**改變基盤型式**(詳見於附錄 5)解決。
- (三) 植栽採雙面種植，造成植栽槽側面外露，致使整體畫面不協調，本研究建議將種植型式改為圓形環繞之立體花柱(如圖 6-3、6-4 所示)。
- (四) 植栽採雙面種植，造成室內外植物受光程度不均，本研究建議於室內種植耐陰植物(如：皺葉椒草、常春藤)於室外種植耐陽植物(如：黃帝菊、光輝菊(小百日))，如圖 6-5 所示。
- (五) 本研究研發之植生牆支撐改良裝置，未來可朝組件量化去改善，以降低成本。



圖 6-3 立體花柱盆體



圖 6-4 立體花柱



圖 6-5 本研究建議之植栽種類

柒、結論

一、研究壁面綠化之工作性及可行性

經過文獻整理之後，植生牆現有架構現況問題分析如下：

- (一) 高處植栽更替不易、耗費資源，不符合經濟效益。
- (二) 設成固定位置、固定角度，無法讓直立架、盆體旋轉角度位置，因此無法變化角度形成不同之接受陽光、遮陽、通風需要。
- (三) 形式固定，變化性不大，只能適用於建築物牆體部分，固定式架構容易擋住陽光造成室內不透光，所以施作時常會避開開口處，使牆面較不具整體性。(如圖 7-1、7-2 所示)
- (四) 植生牆面尚未普及化，獨立給水單價過高。許多委託單位為節省開銷選擇整體給水，因而造成土壤(介質)乾裂、散落植栽枯死根部腐爛等問題。



圖 7-1 植生牆建物開口部示意圖 來源：整理自文獻



圖 7-2 植生牆建物開口立面圖 來源：整理自文獻

二、選擇壁面綠化支撐層改良設計之型式

依據資料彙整分析過後，本研究改良後之植生牆轉軸式支撐系統所採用之基盤形式及澆灌裝置特色如下：

(一) 槽型式基盤：

- 1. 槽型式基盤目前在台灣運用最為廣泛，於市面上取得容易。
- 2. 構成形式單純，植栽基盤容積尺寸小，取附施工容易，可在短時間內利用植栽基盤的拼接固定達到所需圖樣之綠化效果。
- 3. 單元間獨立給水，可避免病蟲害之垂直感染。

(二) 滴流管式澆灌裝置：

本設計應用之噴頭為穩壓滴頭，具有穩壓作用，使各植栽盆體單元能均勻給水。

三、選定最佳植生牆架構支撐架型式作為本次研究之裝置設計之模擬及改良

經過多次的討論與改良設計，本研究最後決定以轉軸式支撐系統作為研究(目前在坊間也看不到與此類似的工法)，其建議改良成果特色如下所示：

- (一) 由原本固定支撐改良成旋轉架構，改善其工作性，使綠化植生達永續發展。
- (二) 本裝置可旋轉各植栽調整角度以阻擋陽光，解決室內採光的問題。
- (三) 整體架構為各獨立的單元所組成，在拆卸或安裝上較為方便。
- (四) 結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板等功能，改善建築物鐵窗外部美觀問題，詳見本研究模擬之建物立面開口部示意圖(如圖 7-3~7-4 所示)。



圖 7-3 建物開口部應用本研究裝置之建物立面模擬示意圖(45 度側向)

本研究植生牆支撐架系統裝置主要係由立桿兩側設置掛架，並於掛架面吊掛盆體，形成雙面栽植，立桿底端設軸承、軸心桿，形成可旋轉之功能，因此可供組裝於公寓大樓之陽台，具有綠化、遮陽之效果，並且可調變方向角度，讓使用者自由設定遮陽、通風之角度，本研究研發之最佳植生牆轉軸式支撐架系統裝置。

本研究將設計的轉軸式架構融入壁面綠化及開口之外殼節能設計，以符合綠建築指標，希望能替我們生長的环境盡點心力，其中壁面綠化包含了**綠化指標**及**生物多樣性指標**，建物上的壁面綠化結合了生態綠網，生態綠網能讓多樣化生物得以安全移動遷徙，並能覓食及繁殖，進而促成生物遺傳基因之充分交流，以達生物多樣性；另外，**外殼節能設計**則是達到**室內環境**及**日常節能指標**，此設計能隨著陽光的投射而旋轉各單元植栽調整角度以阻擋光線，不但可以遮陽還可以適當調整採光面積及通風，還能結合窗簾、花台、鐵窗、遮陽板之造型設計功能，避免資源之浪費，並透過植生牆給水與排水系統之水循環達到**水資源指標**，創造都市中建物外殼節能設計及立體生態綠廊之永續城市。



圖 7-4 建物開口部應用本研究裝置之建物立面模擬示意圖

四、探討本研究裝置成本分析及模擬應用於建物立面綠化實際節能減碳之效益。

完成實體裝置製作過後，本研究針對轉軸式支撐架系統進行成本分析，並將裝置套用至業界現有 3D 建物以模擬出實際樣貌(如圖 7-5 所示)，並檢核計算出此裝置設於建物所產生之二氧化碳固定量。在成本分析方面，為延長植生牆壽命，本研究實驗裝置所使用的特殊材料單價稍高(如：獨立給水系統、穩壓滴頭)，且部分組件設備尚未量產化，致使裝置成本過高，希望藉由本次研究將其推廣於未來生活中並廣泛運用，使其量產而能夠降低成本。

探討完本裝置裝設於立面所產生之二氧化碳固定量，我們發現若將轉軸式支撐架系統裝設於一扇窗戶(以 160x160cm 為例)四十年所累積二氧化碳固定量 537.6kg 與冷氣排碳量作換算，約等於冷氣持續吹 1.2 個月的排碳量；與汽車排碳量作換算，約等於汽車繞台灣 2.2 圈的排碳量，若再將其裝設於公共建物所增加的二氧化碳固定量更是可觀(如表 7-1 所示)，將可達到綠建築指標中外遮陽節能設計及綠化量指標、二氧化碳減量等多重效益，既可降低化窗面直接日射量及室內空調能源負荷，亦可解決日曬、眩光耗能等環境問題，達到節能、綠化、環保、緩和基地微氣候等綠建築目標，為減低地球環境負荷貢獻盡一份心力。



圖 7-5 植生牆轉軸式支撐架系統實際建物模擬圖

表 7-1 裝置應用於各式建物之二氧化碳固定量

項目	CO ₂ 固定量
單扇窗戶	537.6kg
四層樓透天(柱跨距約 4~5m)	3225.6kg
公共建築物 (以綠牆推廣研究中心為例)	53407.2kg

五、後續發展

本研究在多次的實驗過程中，陸續發現需改善的問題，也不斷的尋找有效的解決方法，讓實驗支撐裝置發展更為成熟；未來我們將把此植生牆支撐裝置技術應用於校園一角之開口部，並進行相關實驗，探討其可行性為校園帶來多樣的面貌，更向生活環境的綠校園邁進一大步，並期望將其發展推廣成為普遍於市面的植生牆支撐架系統，後續發展建議如下列所示：

- (一) 植生牆支撐架系統組裝設置成本研究。
- (二) 植生牆轉軸式支撐架系統應用於建築物之節能效益研究。
- (三) 植生牆轉軸式支撐架系統應用於舊建築物研究。
- (四) 植生牆轉軸式支撐架系統應用於新建築物研究。
- (五) 植生牆應用於建築物與都市生態綠廊及生物多樣性研究。

捌、參考文獻

- 一、陳佳榮（民 99）。建築物壁面綠化構法之研究－以支撐架系統為例。國立成功大學建築研究所碩士論文，未出版，台南市。
- 二、林憲德（民 95）。綠色建築，台北市：詹氏。
- 三、營建雜誌社（民 100）。建築技術規則。台北市：營建雜誌社。
- 四、練福星（民 101）。2012 綠建築設計技術規範。臺北市：中華民國全國建築師公會。
- 五、內政部建築研究所（無日期）。智慧綠建築設計創意競賽－垂直農園。民 101 年 4 月 5 日，取自：<http://design.ils.org.tw/98S0I054.html>
- 六、三木景觀事業股份有限公司（無日期）。花牆、花柱組裝說明書。民 101 年 4 月 5 日，取自：<http://star926.myweb.hinet.net/2.html>
- 七、內政部營建署（無日期）。綠建築電子化系統。民 101 年 6 月 2 日，取自：<http://210.241.113.193/greenBuild/code/index.jsp>
- 八、力寶龍環保網站（無日期）。CO2 排碳量計算。民 101 年 6 月 6 日，取自：<http://ecoflying.libolon.com/c2.php>
- 九、Blanc, Patrick(2008). The Vertical Garden. W.W Norton & Company, Inc.

【評語】 091203

1. 研究團隊研發可旋轉植生牆，以改良傳統植生綠牆僅有單面而養護不易之缺點，且應用穩壓滴頭達到植生滴灌之目的。
2. 該項研發產品已由部分團隊成員與業界獲有國內新型式專利，實屬難得，轉軸支撐架乃為該項專利之研發重點。
3. 未來可開發圓盤式植栽槽，取代現有方型植栽槽組合而成，避免旋轉過程中會產生二面無植栽之不美觀情況。
4. 應進一步評估可旋轉植生牆之耐風能力。