

# 地景中的數位構築： 2014年宜蘭綠色博覽會淡江建築研究所的施做紀錄

文、圖片提供：陳珍誠／淡江大學建築學系副教授

淡江大學建築研究所的學生團隊，很榮幸地於三月底參與了為期五十天的2014年宜蘭綠色博覽會，團隊成員主要是以研究所二年級與博士班同學為主體。2013年11月淡江建築研究所師生受蘭陽農業發展基金會的邀請，準備參與宜蘭綠色博覽會，於11月下旬到武荖坑去準備施做的基地進行探勘，12月上旬我們開始展開初步設計的工作，我們大概有三個月的時間做展覽的準備。這篇文章紀錄我們由設計、製造、施工的過程，以及完工與展覽結束後的心得與感想。

## 任務成員

計畫初期我們並不是很確定要設計與施做的項目，大方向是設計數座中小尺度的「展示亭」（Pavilion），設計完成後由學生參與

實地的建造。展示亭的初步構想是提供植物展示與攀附、植物銷售、小型活動與供遊客拍照等功能。本團隊較擅長的項目為數位設計與製造，之前參與過展覽的作品大都是工業設計尺度，此次施做超過一層樓高可以容納觀眾的空間，對於我們來說是個新的挑戰。在計畫執行的過程中，首先我們先在電腦上以電腦三維模型完成。經過參數化設計調整設計與設計的後處理，產生適合數位製造機具加工的圖面，因此縮短了設計到製造的時間，相較於手工的設計與製造，可以產生更複雜的展示亭造型與空間。待設計完成後，透過不同的數位製造技術與機具將設計元件以數位製造的方法製造出來，並加以組裝，除了現場組裝部分，幾乎每件作品的設計與製造都是由一位同學獨自完成。



圖1 鑄型蟲、狩獵蜂、獨角仙、蝴蝶數位製造



圖2 展示亭「鳥踏」，後方為候車亭

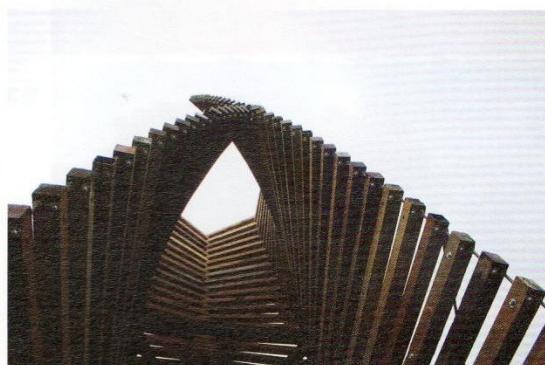


圖3 展示亭「鳥踏」頂部與細部

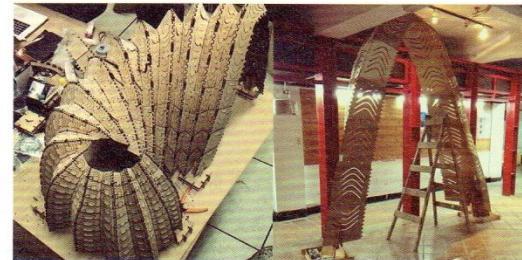


圖4 展示亭「蝶跡」五分之一模型與初步放樣



圖5 展示亭「蝶跡」

## 設計說明

本計畫於2014年宜蘭綠色博覽會，設置七座的展示亭，展示亭最高九公尺。於外側大型停車場設置一座候車亭長十二公尺，提供園內交通車的等候，並於候車空間旁設置六座植生亭。此外並數位製造木製昆蟲十五隻（圖1）與壓克力製魚蟹七百二十隻提供博覽會擺設。設計的構想大都源自於大自然的啟發，這些啟發包括對於紋理、結構、形態、隱喻、哲學等與自然相關的想像。

1. 鳥踏（Stacking Perch）：此作品以回收的舊電線桿為主要構材，舊電線桿的材料為鳥踏木，因此命名為「鳥踏」。設計概念的想像源自於將一支鳥踏木往上拋九公尺並旋轉九十度的軌跡，所產生的自然生長形態。在實做上將斷面尺寸九公分見方的五十支鳥踏木層疊，每兩支鳥踏木中間留下一支鳥踏木的空隙，每支鳥踏木旋轉一點八度，最後將這樣的六座扇形木構造加以疊合，產生在螺旋

狀的空間造型，並以訂製的鐵件加以鎖緊。是綠博園區的地標之一，亦可提供藤類植物的攀爬或是盆栽放置（圖2、3）。

2. 蝶跡（Butterfly Effect）：蝶跡的設計受蝴蝶幼蟲的啟發，生長成蝴蝶展翅的瞬間造型，以此概念圍塑空間形態並產生外觀紋理。在結構上也受到蝴蝶翅膀舞動的靈感啟發，以輕薄的木夾板挑戰材料的彎曲性與結構性，進而產生動態平衡。在構造上運用電腦演算產生複雜的造型，以四百一十六片木夾板單元組合而成，再以簡單的拉鍊扣合法連接單元與單元，進而產生細部，在正反的拱肋結構演算後，整體重量平均分攤至七個底座，使整體結構輕量化。走入蝶跡展示亭，陽光由木板彎曲所刻畫的開口中撤入，微風吹過時結構體輕微晃動，光線在樹蔭下閃爍，正如蝴蝶翩翩起舞，輕留下的痕跡般（圖4至6）。

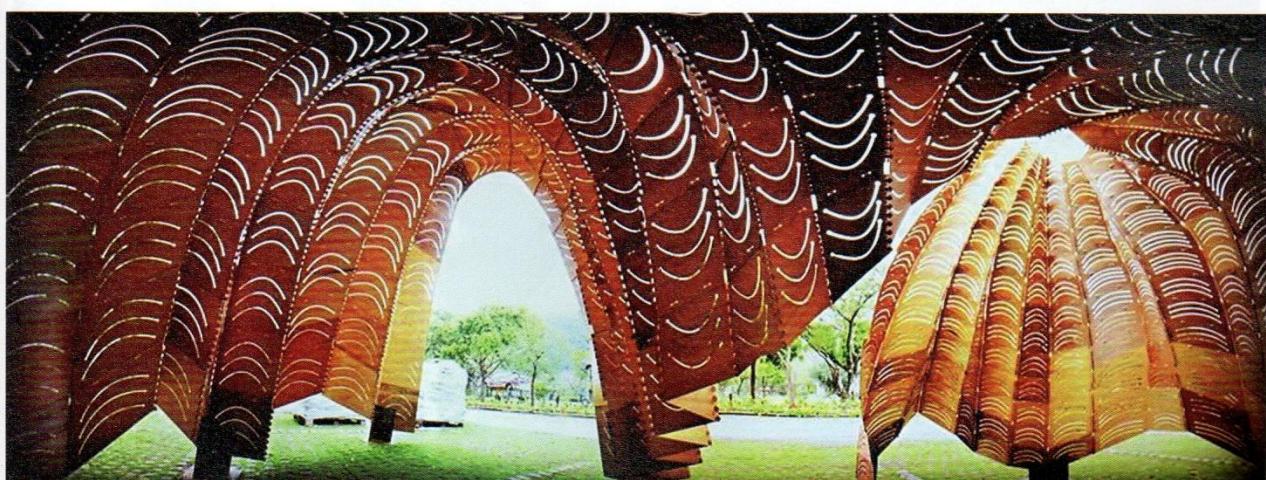


圖6 展示亭「蝶跡」室內

**3. 留香 (Blooming)**：「花朵盛開的剎那，蘊含著純潔纖細中的剛強，剔透的花瓣逐片伸展，呈現優美的動態張力，激發著無比的生命力。」自然界植物的姿態，是捕捉作品靈感的最佳泉源。此作品「花開留香」意圖捕捉花朵綻放時的動態美感，置身其中，不斷改變的幾何視覺律動，引發觀者豐富的感受與聯想，彷彿感受到陣陣的花香撲鼻。「留香」以參數化設計導入建模邏輯與生產製造流程，精準地將數位演算落實在施工細節上，這也是此設計實驗的主要目的。結構為6mm烤漆鐵件，白色皮層為5mm塑膠瓦楞板，纖細卻堅硬的鐵件結構，隱藏於白色皮層之下，成為造型的主要線條，堅實地支撐著皮層的材料張力（圖7、8）。

**4. 大地 (Bottling Soil)**：作品材料為一片長六公尺、寬二點四公尺的鋼板，其中的一角由地面上掀起。鋼板上面有切割的孔洞，上面鑲嵌著被壓扁的回收玻璃瓶與植草磚。「大地」說明土地與人工構造物之間的共存狀態，隨著鋼板被翻起來的這個動作，象徵土地的再生。時間透過土地使得更多的綠重生，回收的綠玻璃瓶代表著永恆的綠，植物則代表生生不息的綠，逐漸包覆著鋼板；鏽蝕的狀

態象徵著時間的印記，最後會慢慢地融入自然地景當中，成為大地中的一抹赭紅。時間經過後重新為土地上布滿了綠，在鐵板上留下了痕跡，產生了土地與構造物間的平衡狀態，故取名為「大地」（圖9）。

**5. 摠食 (Feast)**：綠博主題「可食地景」為本作品概念發想的起源，以參數化設計計算與切割出一百四十二片形狀與尺寸皆不相同的木夾板，產生卡榫相互搭接的互承結構體，外表狀似植物的表皮，作品是座高度五公尺的圓形角錐體，其中有一橢圓形的天井。將土地所孕育出的植物或可食蔬菜放置於外部的突出的展示架上，以感謝土地所帶來的豐饒，摠來有食，因此命名為「摠食」（圖10至12）。

**6. 蔓生 (Vining)**：由三座拱形木架構組合而成，中間以三角形鋼纜固定，經過力學計算後的結構體具有相互依存的結構關係。單體為左右對稱之拱形木支架，分為上、下兩層，下層木架為主要塑形拱的結構支撐架，由一百二十公分的木構架向拱形中間規則地



圖7 展示亭「留香」組裝過程

圖8 展示亭「留香」

圖9 展示亭「大地」

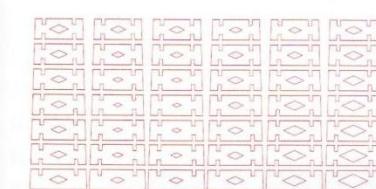
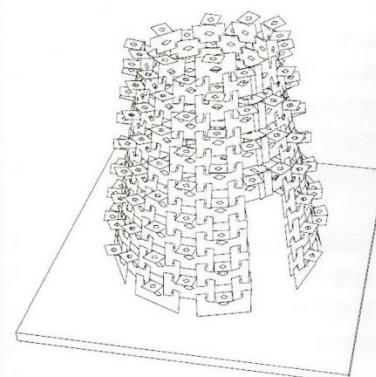


圖10 展示亭「摠食」切割圖、生產與三分之一模型放樣



圖11 展示亭「摠食」

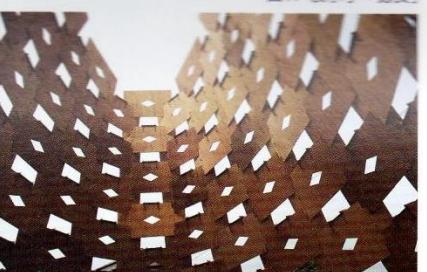


圖12 展示亭「摠食」室內

漸變縮短成為五十公分之形變，每根木頭長度、位置均不同，經過精準計算固定後，形成一有序的曲線序列構架。而上層木構架則斜交於主支架之間，逐漸往上發展的動態錯視效果讓原本平整嚴謹的結構中產生動態的美感。除了傳統瓜棚的功能外，期望以精緻的結構設計美學讓農作物蔓生於結構體上（圖13）。

**7. 向陽 (Fibonacci Shadow)**：自然的紋理中有著自我相似卻又存在差異的特質，使其充滿著吸引力，這些看似無序狀態的紋理，隱藏在其背後的卻是有規則可循的運算原理。以斐波那契數列 (Fibonacci) 的生長規則，運算出類似葵花種子排列的次序，並旋轉布點，將產生的點連接成線，最後將其布滿在一橢圓形的甜甜圈造型上，所形成的交織形態，即為結構系統，並利用這個系統成為可以讓人進入之穹窿。此設計探討超輕材



圖13 展示亭「蔓生」，後方為「蝶舞」

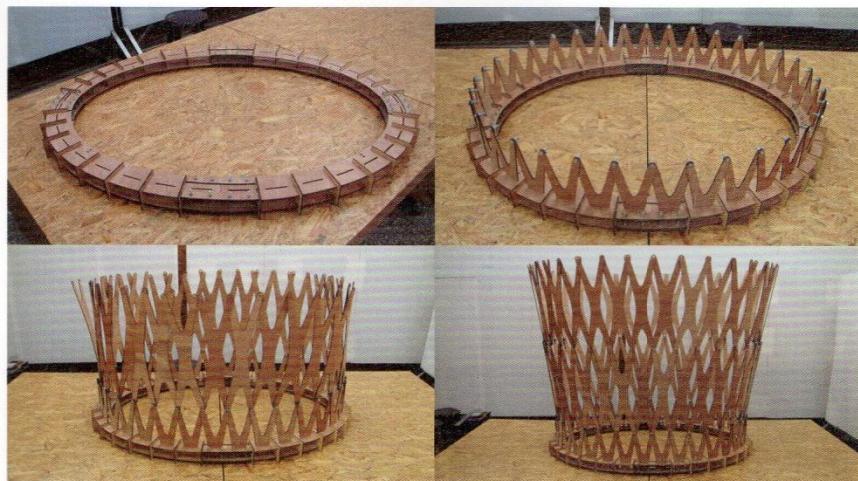


圖14 展示亭「向陽」一比一細部放樣試做



圖15 展示亭「向陽」組裝中

圖16 展示亭「向陽」，後方為「摠食」



圖17 展示亭「向陽」室內

料的結構系統，利用相對薄形的材料—薄木夾板與帶色膠片，作為主要構築之材料。經由X形的夾板與膠片交錯編織而成，天晴時陽光透過木片、膠片及其交叉的空隙，產生光、影、顏色的變化，彩色光線投入穹窿中的同時，地上亦會產生婆那契數列的陰影，加上風吹過產生的微形變與聲音，是感官上的特殊體驗（圖14至17）。

**8. 候車亭「雨中」（Raining Landscape）：**候車亭分為結構與表面兩部分，結構上以十座寬一點二公尺、深二點五公尺、高二點五公尺的矩形量體排列而成為一座總長十二公尺的候車亭。主要結構為以方鋼管組合而成的「匚字型」框架系統。此框架系統以矩形幾何排列，主要是支撐候車亭建築的結構與基本空間機能。表面部分，在結構框架外，天花板、牆面與地板以填充的方式掛附。掛附式的選擇是以牆面、天花板與地板延續框架系統填充表面的系統，每年可以更換不同的紋理與材質，以符合當年的活動主題。2014宜蘭綠色博覽會本區展出的主題為「可食地景」，所以候車亭在牆面與天花板上運用「影像取樣類比」（Image Sampler）的演算法作為「佈圓」（Circle-Packing）的排列依據，並在影像的選擇上採用水果、蔬菜的剖切圖片為底圖，再以圓形幾何加以排列。牆面材料的選擇以四種不同管徑的圓紙筒排列，天花板則是在二分夾板上以雷射切割圓孔引進光線（圖18、19）。

**9. 植生亭共六座，每座直徑約六十公分、高約一百八十分，以不同的陶製與水泥單元燒製與灌製而成，可放置盆栽與提供植物攀附。**

**巢居（Falling Nests）：**以六角形為基本單元，展現幾何圖形的連續性，由二維延伸到三維的視覺變化。在此作品中共有八個不同的單元模具，以內部三角形對於外圍的六角形做曲線的連線以產生幾何圖形，對於內部的三角形做序列性的二十二點五度旋轉，因而使運動的曲線產生了變化。模型製作以水泥灌注，以橫向陣列的方式擺放，像是蜜蜂構築的蜂窩，將內部挖空的三角形想像成是可以安置植物的巢。最後以鐵柱製作成三角面的結構體，將六角形單元掛鎖在上面，植物自由地在上面攀爬或是置入盆栽成為一個植物的家（圖20、21）。

**蔓延（Continuity）：**植物的生生不息，令人感到生機無限與活力充沛。由植物生長的形態發想，形塑植物生長無限蔓延的樣貌，並可實際置入與植入植物，是這座植生亭的基本概念。透過「最小曲面」（Minimal Surface）的特殊形式，呈現出植物蔓延的氛圍。



圖18 候車亭「雨中」正面



圖19 候車亭「雨中」

並利用此原理，將連續的曲面分割成相同的單元，以經過素燒的陶瓷片作為基本單元的材料。素燒的陶片保持著吸水的特性，隨著時間留下風雨的痕跡，正如植物生長般，紀錄著時間的流動與成長的活力（圖22、23）。

**綿延（Stretches）：**此作品觀察波紋的特性，將波紋具有週期性起伏的力學運動形態透過陶構件將波紋重新呈現，以硬材質表現柔和與曲線作為此作品的設計概念，重新詮釋同質重複的週期美學。施做法主要以陶質材料的自重與抗壓特性進行疊砌，以依賴自身重



圖20 植生亭「巢居」



圖21 植生亭「巢居」以數位車床與真空成型機製作過程



圖22 植生亭「蔓延」

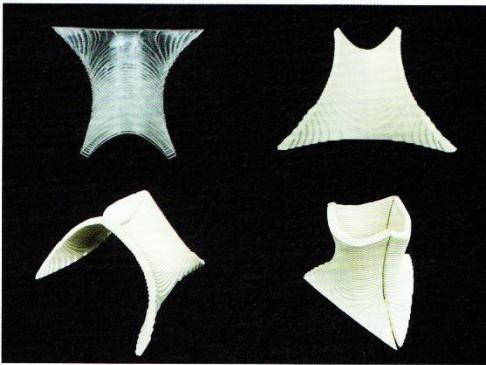


圖23 植生亭「蔓延」以數位製造壓克力母模，之後翻製成陶單元



圖24 植生亭「結晶」、「蔓延」、「迴旋」

量來維持穩定，此作品挑戰傳統的垂直力傳導疊砌工法，透過構件本身進行分力傳導，以達其波紋鏤空的效果。

**結晶（Crystallization）：**此作品以六邊形作為設計概念，此結構在自然中常常可見，受到共振效應， $C_6H_6$ 的結構是正六邊形；石墨也是由碳原子，排成正六邊形的連續層狀結構；冰晶也是六邊形，結冰時，水分子受到氫鍵吸引，也是正六邊形，三個大小相同的力達到三力平衡，彼此間夾角為一百二十度，恰好就是六邊形內角。以「力」的角度來看，正六邊形蜂巢結構，各方受力大小均等，結構最緻密。施做法主要以陶質材料進行疊砌，利用單元排列來形塑一個整體，以錯層疊砌的方式加強整體的結構性，再以圓柱的構造形式，抵抗較差的水平側向力，改善疊砌的缺點。

**迴旋（Convolution）、陣列（Matrix）：**此作品以單元方式進行設計思考，透過幾何圖形的設計手法依賴骨材的支撐帷幕構件系統，此支撐方式的骨材可分為常見的背骨材、內骨材、加強筋、套管（繩件）等，主要在於傳遞與補強陶瓷構件的強度。此系列作品將骨材藏於陶元件內，使得牆面內外皆可顯露於外。而加強筋或套管的方式則可避免將重量由骨材構件負擔，陶元件還是可以壓力的特性自行承擔荷重，在抗剪力與彎矩上由骨材與加強筋輔助。作品透過不同的排列組合模式以單一元件因排列組合產生不同完成品形態上的差異，挑戰同一元件的構成與多樣性（圖24）。

### 施做心得

2003年至2006年暑假，淡江建築系大學部與研究所同學，曾經參與過羅東運動公園樹屋與童玩節黃龍堤岸公共藝術裝置的設計與施做。延續之前的宜蘭經驗，此次的參展與完成對於參與的同學與老師於教學上具有以下幾點重要的意義：

**了解展覽活動與地方：**此次的參展，除了是設計與建造的課題，同時也是讓同學參與地方公共事務最直接的方式。透過設計的過程，同學了解到綠博的策展過程與活動特性，舉辦綠博對於地方觀光產業的意義，觀眾的族群與展覽活動的安排等，此外施做期間對於綠博其他單位設計作品與活動的參觀也有著學習上的意義。

**數位設計的落實製造：**通常同學以電腦繪製二維與三維建築圖時，虛擬的幾何物件縱使直接碰撞在一起，經過渲染後只要視覺上合理就可以。然而，要將數位設計加以建造，那麼電腦渲染的設計物件都得在真實世界中找到相對應的元件，否則無法搭接與組裝。此外，在電腦螢幕上看到的設計物件處於無重力狀態，真實建造時地心引力成為重要的構造與施工考量。

**參數化的設計與製造：**在還沒出發，在學校的室內空間中我們反覆測試了許多縮小比例（三分之一或五分之一）的模型，或是局部設計的真實尺寸的放樣，設計得不斷地修改與製造。透過參數化設計的處理，尺寸的變化、元件的數量或細部的修改上可以節省許多的時間。而數位製造圖面的生產，也仰賴參數化工具，得以前端設計

修改後，後端的製造圖亦隨著更改，而數位製造機具可以讀入製造圖，直接切割與生產。

**設計自造時代的來臨：**今日方便的參數化軟體與平價數位製造機具，例如：3D Printer、雷射切割機、數位車床等，方便了設計的修改，製造圖說的生產，與不同材料元件的數位製造與生產。這次展覽中的作品在幾年前是無法憑著個人的力量單獨去完成的，設計者自己製造設計產品將會是未來學校設計訓練的特色，並可以縮短往返於工廠與製造業溝通的時間。

**真實空間的建造實踐：**宜蘭的春天多雨，施工期間晚上經常下著滂沱大雨，同學擔心第二天白天的施工進度以及半成品是否禁得起風雨的考驗。而基地的位置常有沿著山坡吹下來的強風，因此同學得加強結構、加拉繩索、甚至修改設計以抵抗風力，這是一比一真實建造吸引人的地方—透過建造學習。

**培養同學成長的過程：**許多施工現場所發生的問題，是在設計時無法預料到的，這些答案在書本中並未提到，因此得及時發揮創意解決，否則無法進行下一個步驟的施做。而關於日常生活的學習，例如：如何解決飲食問題，如何在一個不熟悉的地方找到材料與零件，還有安排工餘之暇的參觀活動等，這些都是在教室裡無法感受到的。

### 致謝

本計畫特別感謝財團法人蘭陽農業發展基金會的支持，與游副執行長雅婷小姐及陳柏年先生的協助，使得計畫案的進行過程非常地順利。此外，感謝中華民國都市設計學會王理事長俊雄老師、吳黛艷、陳沛欣與宋佳娟小姐的協調，幫助此計畫行政工作的進行，最後感謝淡江大學建築研究所與博士班同學的熱心參與。

#### 設計團隊

展示亭：1.鳥踏／陳右昇；2.蝶跡／高鼎鈞；3.留香／朱佩萱、張斑鈞  
4.大地／陳逸珊；5.捲食／蘇潤；6.蔓生／王菁吟  
7.向陽／柯宜良

候車亭：曾偉展

植生亭：林詠榕、黃馨儀、張軒誠

昆蟲：狩獵蜂／黃立錦、盧彥臣；蚱蜢／張至寬、黃季略

鐵型蟲／陳仲杰、楊啓威；獨角仙／束道衛、吳彥霖

蝴蝶／李莉萍、裘芸；蜻蜓／黃翌婷、黃清倫

螳螂／呂柏勳、鄭凱文；螽斯／張錠鈞

毛蟹、石賓、鯖魚、鰻魚：高鼎鈞

攝影：老狸貓

#### 材料

1.鳥踏／鳥踏木；2.蝶跡／木夾板；3.留香／塑膠瓦楞板、鐵架；4.大地／鋼板、玻璃瓶；5.捲食／木夾板；6.蔓生／木材、PVC管；7.向陽／木夾板、ABS；候車亭／鐵架、紙管、中空板；植生亭／陶、水泥、鋼架