

'25

praxes 22

實踐設計學報 | Praxes | 第二十二期

2025 Design Journal

Shih Chien University No.22

第二十二期

塞奧多洛問蘇格拉底

你這話是什麼意思，蘇格拉底？

我的意思和那個故事的含義相同，相傳泰勒斯在仰望星辰時不慎落入井中，受到一位機智伶俐的色雷斯女僕的嘲笑，說他渴望知道天上的事，但卻看不到腳下的東西。任何人獻身于哲學就得准備接受這樣的嘲笑。他確實不知道他的鄰居在幹什麼，甚至也不知道那位鄰居是不是人；而對什麼是人、什麼力量和能力使人與其他生靈相區別這樣一類問題，他會竭盡全力去弄懂。

柏拉圖 泰阿泰德篇一七四—a

PRAXES

實踐設計學報 | Praxes | 第二十二期

2025 Design Journal

Shih Chien University No.22

論文

- 2 工業產品設計領域 / 論文類
整合類神經網路與田口式穩健設計法於止滑紋路
靜摩擦係數預測之可行性研究
Feasibility Study of Integrating Neural Network and Taguchi Robust Design Method for Predicting Static Coefficient of Friction of Non-slip Texture
顏端黎、王則眾 | DUAN-LI YAN, CHE-CHUNG WANG
- 26 服裝設計領域 / 論文類
「框架效應」—視錯覺原理應用於服裝敘事
"Frame Effect" – Applying Optical Illusions to Self-Narrative in Fashion Design
翁曉惠、黃莉婷 | XIAO-HUI WENG, LI-TING HUANG
- 46 工業產品設計領域 / 論文類
傳統與創新共融 —山水意象在現代魚缸造形設計中的多維探索
The Integration of Tradition and Innovation: Multidimensional Explorations of Landscape Imagery in Modern Fish Tank Shape Design
林鴻煒、王則眾 | HUNG-WEI LIN, TZU-HUI TSENG

整合類神經網路與田口式穩健設計法於止滑紋路靜摩擦係數預測之可行性研究

顏端黎

實踐大學工業產品設計學系 研究生

王則眾 *

實踐大學 工業產品設計學系 專任教授

摘要

隨著臺灣老齡化社會的發展，滑倒事故頻傳，防滑產品設計的重要性愈發凸顯。本研究致力於防滑產品設計，嘗試將類神經網路與田口式穩健設計法相互結合，旨在實現對止滑紋路乾式靜摩擦係數的精準預測。研究初始，通過對市售防滑產品止滑紋路的深入剖析，獲取研究切入點；接續，運用田口式穩健設計法，選定止滑紋路的陰刻、陽刻類型、排列方式以及接觸面積等作為關鍵控制因素，藉助 L_{18} 直交表規劃實驗，製作實驗樣本，並依據 ASTM D1894 標準進行摩擦係數測試。將測試所得數據輸入類神經網路進行多輪分析與對比，完成對類神經網路模型的訓練；與此同時，基於田口式穩健設計法生成的各因素優化配比以及參數反應圖的變化趨勢，再次微調控制因素之條件，並預測止滑紋路的靜摩擦係數。基於上述研究，針對不同使用環境提出了適配的優化防滑紋路設計方案，並制定了所構建神經網路模型在實際場景中的應用指導準則。本研究提出的整合類神經網路與田口式穩健設計法，有效降低了防滑產品的開發成本，顯著縮短了開發週期，為防滑產品的設計與優化提供了系統且可靠的技術支撐，有助於對推動防滑技術領域的發展。

關鍵字：靜摩擦力、田口式穩健設計方法、類神經網路

* 通訊作者。

E-mail 地址：zawang@icloud.com

Feasibility study of integrating neural network and Taguchi robust design method for predicting static coefficient of friction of non-slip texture

DUAN LI, YAN

Department of Industrial Design Shih Chien University

CHE CHUNG, WANG

Department of Industrial Design Shih Chien University

Abstract

In light of Taiwan's aging population and the prevalence of slip and fall incidents, the significance of anti-slip product design has escalated. This study is dedicated to the design of anti-slip products, and it attempts to combine the neural network and Taguchi's robust design method. The objective of this study is to accurately predict the coefficient of static friction of the non-slip texture dry type. The study commenced with a comprehensive examination of commercially available non-slip textures, which was utilized to establish a foundation for the study. Subsequently, Taguchi's robust design method was employed to select the shading, anodizing type, arrangement, and contact area of the non-slip textures as the pivotal controlling factors. The experimental samples were meticulously planned using an L_{18} orthogonal array, and the friction coefficients were measured in accordance with the ASTM D1894 standard. Subsequently, the data obtained from the tests were entered into a neural network, which underwent several rounds of analysis and comparison to complete the training of the neural network model. Concurrently, the conditions of the key control factors were fine-tuned based on the optimized ratios of the factors and the trend of the parameter response diagrams generated by the Taguchi's robust design method. The static coefficient of friction of the stop-slip texture was predicted. The proposed optimized anti-slip texture design scheme is applicable to diverse usage environments, and the guidelines for the application of the constructed neural network model in real-world scenarios have been formulated. The integration of a neural network with Taguchi's robust design method, as outlined in this study, has been shown to effectively reduce the development cost of anti-slip products, significantly shorten the development cycle, and provide a systematic and reliable technical support framework for the design and optimization of anti-slip products. This approach is expected to contribute to the enhancement of safety and efficiency in various operational settings.

Keywords: Static friction, Taguchi robust method, Artificial neural network

* Corresponding author.

E-mail address: zawang@icloud.com

第一章 前言

1-1 研究背景

滑倒事故在日常生活中頻繁發生，給人們的生命和健康帶來了嚴重威脅。據衛福部統計處數據顯示，2019 年因「事故傷害」而過世的人數達 6,640 人，其中有 1,487 人因為跌倒（落）死亡，排行第二，僅次於因運輸事故而死亡的人數。而在 2016 年，我國約有五分之一的老年人曾發生過跌倒意外（衛生福利部國民健康署，2016）。國內的研究也顯示，超過一半的人在家中曾經發生過跌倒或滑倒的意外事件。這些意外雖然很少導致死亡，但卻可能造成嚴重的影響，尤其是對於年長者和糖尿病患者而言（陳嘉基，1987）。除了病患本身和家屬所承受的痛苦和負擔之外，每年由於這些意外所產生的健康保險支付費用超過數十億元。在老齡化趨勢日益加劇的背景下，臺灣老年人口數量急劇增加，預計 2025 年將迎來超高齡社會。隨著老年人口的增多，滑倒事故的風險也隨之上升，因此，防滑問題成為保障人們生活安全、提升社會福祉的關鍵課題。

摩擦力作為影響物體防滑性能的關鍵因素，其特性和規律一直是研究的重點。在物理領域，摩擦力的研究涵蓋了多個方面，其中靜摩擦力與其他摩擦力存在顯著差異，它與物體表面的原子和分子相互作用以及表面粗糙度密切相關。固體表面之間的靜摩擦力主要源於原子和分子間的化學鍵重組能量需求以及表面粗糙度導致的互相卡住的阻力。深入理解摩擦力的本質和影響因素，對於優化防滑設計具有重要意義。

田口式穩健設計法和類神經網路在各自領域展現出獨特優勢，將二者整合應用於防滑紋路靜摩擦係數的預測研究，具有實務性的價值。田口式穩健設計法起源於 20 世紀 50 年代，由田口玄一博士提倡，透過直交表進行實驗設計，能夠有效減少實驗次數，同時評估個別變數對結果的影響程度以及不同變數之間的相互作用影響。該方法在眾多工業領域廣泛應用，如製造業、工程和科學研究等，能夠降低產品變異性、提升品質並減少成本；另，類神經網路結構和功能的數學模型，具有自適應性和學習能力，能夠根據外界資訊調整內部結構。在機器學習和認知科學領域，類神經網路被廣泛應用於函數估計、模式識別和決策分析等方面。

本研究透過整合田口式穩健設計法和類神經網路，旨在深入探究影響防滑紋路靜摩擦係數的因素，實現防滑紋路的優化設計。具體而言，運用田口式穩健設計法的直交表，以最少的實驗次數找出優化的設計變數水準組合，有效減少實驗樣本數量，降低實驗成本。同時，運用類神經網路對實驗數據進行分析和建模，開發出能夠準確預測摩擦力的模型，為防滑設計提供系統應用性的依據。透過對真實實驗數據的全面測試，驗證類神經網路模型的可靠性和普適性，確保模型在實際應用中的準確性。基於研究結果，為不同環境提供最佳的防滑紋路建議，並提出在實際情境中使用所開發的類神經網路模型的指導方針。本研究不僅有助於深入理解摩擦力的特性和規律，還能夠為防滑設計提供創新的方法和策略，有望在實際應用中顯著降低滑倒事故的發生率，保障人們的生命安全。

1-2 研究目的與內容

本研究旨在探究及分析影響乾式靜摩擦係數的因素，通過整合田口式穩健設計法與類神經網路，實現防滑紋路的優化設計，並建立可靠的預測模型。具體研究目的如下：

1. 分析影響乾式靜摩擦係數的因素：全面探究接觸面積、紋路設計（圖案、深度、間距等參數）、陰陽刻、排列方式以及接觸點數等因素對乾式靜摩擦係數的影響狀態，分析各因素的作用機制和相互關係。
2. 優化防滑紋路：運用田口式穩健設計法，以最適化靜摩擦係數為目標，對防滑紋路的各項參數進行優化。透過 L18 直交表設定不同的參數組合，進行實驗並分析結果，確定優化的設計變數水準組合，從而設計出具有最優防滑性能的紋路。
3. 建立類神經網路預測模型：基於實驗獲得的乾式靜摩擦係數數據，構建類神經網路模型。利用這些數據對模型進行訓練，使其能夠準確地根據輸入的參數預測乾式靜摩擦係數，為防滑設計提供有效的預測工具。
4. 驗證類神經網路模型：使用未參與訓練的實驗數據對類神經網路模型進行驗證，評估模型的準確性和可靠性。通過對比模型預測結果與實際實驗數據，檢驗模型在不同參數條件下預測乾式靜摩擦係數的能力。
5. 為實際應用提供建議：根據研究結果，為不同環境下的防滑設計提供具體建議。結合實際使用場景的特點，推薦合適的防滑紋路參數，同時制定在實際情境中使用所開發的類神經網路模型的導引，確保模型能夠在實際應用中發揮作用。

1-3 研究限制範圍

在本研究的開展過程中，受到 3D 列印機材料種類以及 ASTM D1894 測試條件的制約。基於此，實驗選擇以 60 mm × 6 0mm 的類橡膠材質作為測試樣本的統一製作條件。通過田口式穩健設計法的 L18 直交表，對可能影響靜摩擦係數的參數進行了設定，具體包括陰陽刻、排列方式、圖案面積、深度、相鄰間距以及接觸點數等。

在研究對象的選取上，本研究主要參考了市面上手杖、鞋款以及輪胎的止滑紋理。然而，受限於人力、時間和經費等資源的有限性，難以對市面上所有的止滑紋理展開大規模的測試與深入研究。因此，僅挑選了目前市面上應用較為廣泛的止滑紋理的特定項目，將其與田口式穩健式設計法的直交表相結合，利用 3D 列印技術製備測試樣本，並委託財團法人塑膠工業技術發展中心，依據 ASTM D1894 標準進行摩擦力檢測。

第二章 文獻探討與分析

2-1 摩擦係數與抗滑標準

摩擦力是物理學中一個重要且複雜的概念，它與相互接觸物體之間的摩擦性質密切相關。在經典力學的理论推導中，為了簡化分析過程，常常在忽略摩擦力的情況下，才得以推導出力學中的基本定律 (Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J., 2013)。在摩擦力的衆多類型中，靜摩擦力與其他形式的摩擦力有着顯著區別。其他形式的摩擦力通常與能量耗散相關，會導致相互摩擦物體之間的相對速度降低。固體表面之間靜摩擦力的產生主要有兩個原因：一是固體表面原子和分子之間相互吸引所產生的化學鍵重組能量需求，也就是所謂的膠力；二是由於表面粗糙度而產生的相互卡住的阻力 (Giancoli, D. C., 2016)。另，動摩擦力則可以被看作是單位位移距離中能量損耗的速率，這種能量損耗源於兩個表面之間各種粒子的相互碰撞作用。

在實際生活中，理解和衡量摩擦係數對於確保物體的抗滑性能至關重要。不同的行業和應用場景對物體的抗滑標準有着不同的要求。在建築領域，地面材料的摩擦係數直接關係到人們的行走安全，特別是在潮溼、有水漬的環境下，如浴室、廚房和游泳池周邊等場所，需要地面材料具備較高的摩擦係數，以有效防止滑倒事故的發生。相關研究表明，當地面材料的摩擦係數低於一定臨界值時，滑倒的風險會顯著增加 (Owen, D. R. F., & Unsworth, A., 2005)。在交通運輸領域，輪胎與路面之間的摩擦係數直接影響車輛的制動性能和行駛穩定性。在雨天、冰雪天氣等惡劣路況下，路面溼滑，輪胎與路面之間的摩擦係數降低，車輛容易出現失控、側滑等危險情況，從而引發交通事故 (Råde, L., & Westergren, A., 2015)。然而，現有文獻多聚焦於摩擦係數的基礎物理機制，較缺乏對不同應用場景下抗滑標準動態調整的系統性研究。因此，深入研究摩擦係數的影響因素，制定合理的抗滑標準，對於保障人們的生命財產安全具有重要意義。

2-2 田口式穩健設計法

1950 年代，田口玄一 (Taguchi Genichi) 博士倡導使用直交表的實驗設計，並開發各種直交表、點線圖、應用技巧與解析方法；由於此一方法的實驗結果之再現性很高與實驗次數可大幅度減少等優點。因此，在日本迅速普及，日本人稱之為品質工程 (Quality Engineering); 此外，歐美各國也於 1980 年代開始接受此一方法並稱謂之為田口式穩健設計法 (Taguchi's Method) (陳啟斌 et al., 2000)。田口式穩健設計法主要由：(1) 損失函數 (Loss Function); (2) 直交表 (Orthogonal Arrays); (3) 信號 / 雜音比 (S/N ratio) 三大部份所構成 (Chang et al., 2009; Lai et al., 2005)。

田口式穩健設計法結合了實驗設計、統計方法和品質管制等技術，旨在達到產品設計和製造過程的最佳條件，從而降低成本並改善品質。該方法利用信號 / 雜音比的計算、變異數

分析 (ANOVA)、變數 (因子) 效果圖以及實驗驗證等工具，以瞭解實驗中各變數的重要性。實驗設計使用直交表來進行部分設計變數的實驗。其目的是在最少實驗次數下找到最佳的設計變數水準組合。相較於一般的全因子設計實驗法，田口式穩健設計法只需使用較少的實驗數據即可找出最佳的設計方案。透過田口式穩健設計法，我們可以有效地探索設計空間，獲得對產品品質具有穩定和優越性能的最佳設計解決方案。這種方法不僅節省了時間和資源，還提高了設計的效率和準確性，從而促進了產品的成功開發和製造 (Lai et al., 2005)。

此外，田口式穩健設計法能夠評估每個個別變數對產品品質的影響程度，並瞭解各變數之間的相互作用影響程度。這使得田口式穩健設計法在許多不同的工業領域得到廣泛應用，用於減少產品變異性、提升品質以及降低成本。透過田口式穩健設計法，我們能夠有效地辨識出對產品品質影響最大的變數，並進一步探討這些變數之間的相互關係。藉由這種分析，我們可以制定出最佳的設計策略，以最小的成本達到穩定且高品質的產品製造。因此，田口式穩健設計法被廣泛應用於各種產業領域，包括製造業、工程、科學研究等，以幫助企業實現產品的一致性、可靠性和經濟性。這種方法的成功應用有助於提升產品競爭力，滿足客戶需求，並實現可持續的業務成功 (Mohan et al., 2007)。然而，田口法雖能通過正交表減少實驗次數，但現有應用多局限於線性效應分析，對非線性交互作用的捕捉能力較為不足 (Chang et al., 2009)。

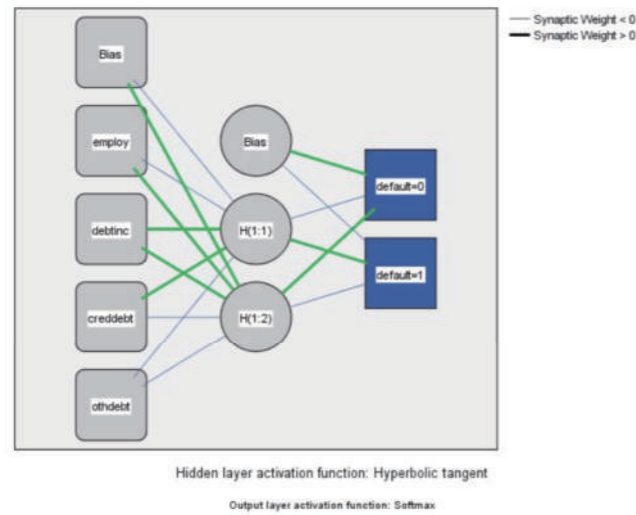
2-3 類神經網路

人工神經網路 (Artificial Neural Network, ANN)，也稱為神經網路 (Neural Network, NN) 或類神經網路，在機器學習和認知科學領域中，是一種數學模型或計算模型，模仿生物神經網路 (尤其是大腦) 的結構和功能，用於對函式進行估計或近似。神經網路由許多人工神經元的聯結組成，用於進行計算。大部分情況下，神經網路能夠根據外界資訊調整內部結構，具有自適應系統的特性，也就是具有學習的能力。現代類神經網路是一種非線性統計建模工具。通常，類神經網路透過基於數學統計學的學習方法進行最佳化，因此也是數學統計學方法的一種實際應用。透過統計學的標準數學方法，能夠得到大量的局部結構空間，可以用函式來表示。另一方面，在人工智慧領域的人工感知方面，可以透過應用數學統計學的方法來解決決策問題。換句話說，透過統計學的方法，人工神經網路能夠具備類似於人類的簡單決策和判斷能力。這種方法相較於正式的邏輯推理演算具有優勢 (“人工神经网络,” 2023)。

倒傳遞類神經網路之基本原理是利用最陡坡降法 (The Gradient Steepest Descent Method) 的觀念，將誤差函數予以最小化，其架構可區分為輸入層、隱藏層與輸出層。輸入層 (Input Layer) 為網路之輸入變數，即訓練範例之輸入向量，其處理單元數則依研究目的之需要而訂定；隱藏層表現輸入處理單元間之交互影響，其處理單元數目並無標準，輸出層 (Output Layer) 表現網路之輸出變數，其處理單元數目亦依問題而定 (陳香伶 et al., 2007)。

類神經網路是一種適用於松散相關系列模型的術語，其特點是具有大型參數空間和類似於大腦活動的結構。它起源於腦功能研究領域，但隨著時間的推移，大部分新模型都被應用於非生物化的應用程序，儘管其中許多相關的技術術語仍然反映了其來源。神經網路可以被視為一個龐大的並行分佈式處理器，它能夠儲存經驗知識並提供自然的使用傾向。它與大腦有兩個相似之處：首先，通過學習過程，類神經網路可以從網絡中獲得知識；其次，神經元之間的連接強度（稱為突觸權重）被用於儲存這些知識 (IBM Documentation, 2023)。此結構被稱為前饋架構，如圖 1 所示。它之所以稱為前饋，是因為在網絡中的連接沒有任何反饋迴路，訊號從輸入層向前流動到輸出層。在這個結構中，輸入層包含預測變數，隱藏層包含不可見的節點或單元。每個隱藏單元的值都是預測變數的某種函數，而函數的具體形式一部分取決於網絡類型，一部分取決於使用者可以控制的規範。輸出層包含回應值，由於預設值的過程是一個具有兩個類別的類別變數，因此將其重新編碼為兩個指標變數。每個輸出單元都是隱藏單元的某種函數。同樣地，函數的具體形式一部分取決於網絡類型，一部分取決於使用者可以控制的規範 (IBM Documentation, 2023)。

圖 1
類神經網路架構示意圖
資料來源 (IBM Documentation, 2023)



第三章 創作實驗

本研究過程透過三階段；第一階段為「利用田口穩健設計直交表製作測試樣本」；第二階段為「送檢 ASTM D1894 檢測」；及第三階段為「利用類神經網路去進行訓練模組用檢測數據」。

3-1 以田口式穩健設計直交表演算最優化配比

本實驗設計是一種透過 L18 直交表執行部分設計變數實驗的方法，以六種參數中的二及三種水準配置出十八種實驗總數，其目的在於用最少的實驗次數找出最佳的设计變數水準組合。相較於一般的全因子设计實驗法，驗设计只需少量的實驗數據，就能夠找出最佳的设计方案。

田口式穩健設計法是一種方法，可以評估個別變數對結果產生的影響程度，同時也能觀察不同變數之間的相互作用影響。這種方法已經在眾多不同的工業領域廣泛應用，用於降低產品變異性、提升品質並減少成本。

田口式穩健設計法的優勢在於能夠同時考慮多個變數和它們之間的相互作用。這有助於確定影響品質特性的關鍵因素，並提供有效的解決方案，以減少變異性並改進產品或製程的性能。透過這種方法，企業可以降低失敗率、提高產品品質和可靠性，同時減少不必要的成本 (Tzeng & Chen, 2006)。

望大特性：以最大化平均值與最小化變異為目標。

S/N 比的定義和計算式如下所示：

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^{-2} \right) \quad (dB) \quad (1)$$

望小特性：以最小化平均值與變異為目標。

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (dB) \quad (2)$$

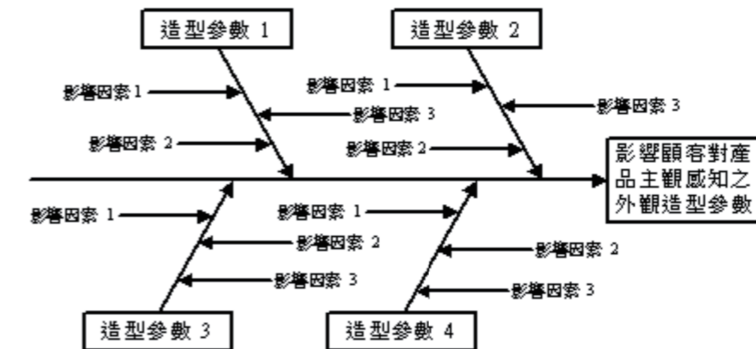
望目特性：有一固定目標值，可以利用 S/N 比最小化變異外，還可利用調整因子將平均值調整至目標值，本研究初步設定靜摩擦係環境需求設定為 1.600（望目目標）。

$$\eta = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S^2 \right) \quad (dB) \quad (3)$$

η 為 S/N 比特性， y_i 為實驗值， S 為變異數， n 為實驗次數，dB 為 S/N 比的分貝單位。

不論是哪種特性，擁有較大的 η 值（即較高的 S/N 比）對於品質特性來說是最佳的。在計算每個實驗回應值時，無論 S/N 比的範圍如何，最大的 S/N 比即代表最好的回應值，也就是最理想的製程或設計回應。同時，透過結合變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，可以找出可控因子的重要程度及最佳水準組合，並且識別對品質特性具有顯著影響的因子。另，田口穩健設計法之分析步驟分別如下：

圖 2
特性要因圖



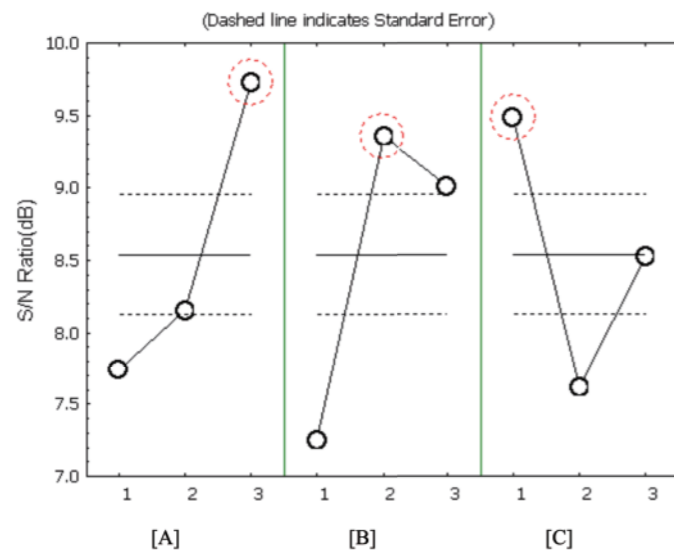
步驟 1：選擇變因項目與水準，田口式穩健設計法進行的第一步驟必須先找出「設計變數」，透過討論與分析，確認直交表實驗計劃之造形變數。此外，以日本品管權威學者石川馨博士所考案的特性要因圖 (圖 2)(Cause and Effects Charts，又稱魚骨圖或石川圖) 分析法，藉以分析影響設計的變數，做為設計變數之水準的選擇依據。

步驟 2：產品偏好度量測：利用樣本圖形之評估問卷等的實施，取得受測者對測試樣本之品質評價結果，有效地將受測者需求的主觀判斷予以量化後，以田口式穩健設計法進行提案的擇優評估。

步驟 3：計算每一實驗組合的 SN 比平均值：SN 比為一種包含平均值與標準差的指標，其中包含望小、望大與望目三種不同類型的品質特性公式，本研究擬採用望大品質特性公式分析。

步驟 4：依各變數之水準別加總其 SN 比平均值繪製成輔助圖：根據步驟 4 所得出之 SN 比平均值，依各設計變數之水準別將其 SN 比平均值加總後繪製如圖 3 之輔助圖。

圖 3
SN 比反應圖



步驟 5：變異數分析 (Analysis of Variance, ANOVA) 之目的是在評估每一個設計變數對目標函數之影響力的多寡與計算各個設計變數和目標函數間偏離量，求得對目標函數值影響顯著之變數，然後可針對這些顯著變數之控制變數之水準進行調整實驗，將偏移的設計變數微調至函數的目標值。

步驟 6：求得最佳變數組合與計算其 SN 比之預測值：取各個設計變數之水準的 SN 比平均數總和之最大值，如圖 3 圈選之水準，為該設計變數的最佳水準，並以下列公式計算出最佳設計變數水準組合之 SN 比之預測值。

$$\hat{\eta}_{(opt)} = \bar{\eta}_m + \sum_{j=A}^l (\bar{\eta}_{j(max)} - \bar{\eta}_m) \quad (4)$$

其中

$$\hat{\eta}_{(m)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{\eta}_i \quad \text{and} \quad \bar{\eta}_{j(max)} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \eta_{k(max)} \quad (5)$$

田口式穩健設計法能夠識別個別變數所產生的影響程度及可檢視各變數間相互作用的影響程度。因此，田口式穩健設計法近來已經被很多不同的工業廣泛應用於減少產品變異、增加品質和降低成本，本實驗田口式穩健設計法 L18 直交表的參數如表 1 及表 2，測試樣品圖如圖 4。本研究選取陰陽刻 (2 水平)、排列方式 (3 水平)、接觸面積 (3 水平) 等參數，基於防滑產品的三大核心設計維度：表面形態 (陰陽刻 / 排列)、幾何尺度 (面積 / 深度 / 間距)、接觸特性 (點數)。

其中，接觸面積設置為 78.5/176.5/314 mm²，對應小型 (手杖)、中型 (鞋款)、大型 (輪胎) 防滑場景的典型接觸面積範圍；深度 0.5/1/2 mm 覆蓋常規模具加工精度；間距 3/5/10 mm 參考人體工程學中防滑紋路的手指觸感閾值 (3 mm 為精細防滑，10 mm 為寬鬆型設計)。此類劃分既覆蓋工程常見值域，亦符合防滑設計的人機工程學原則。

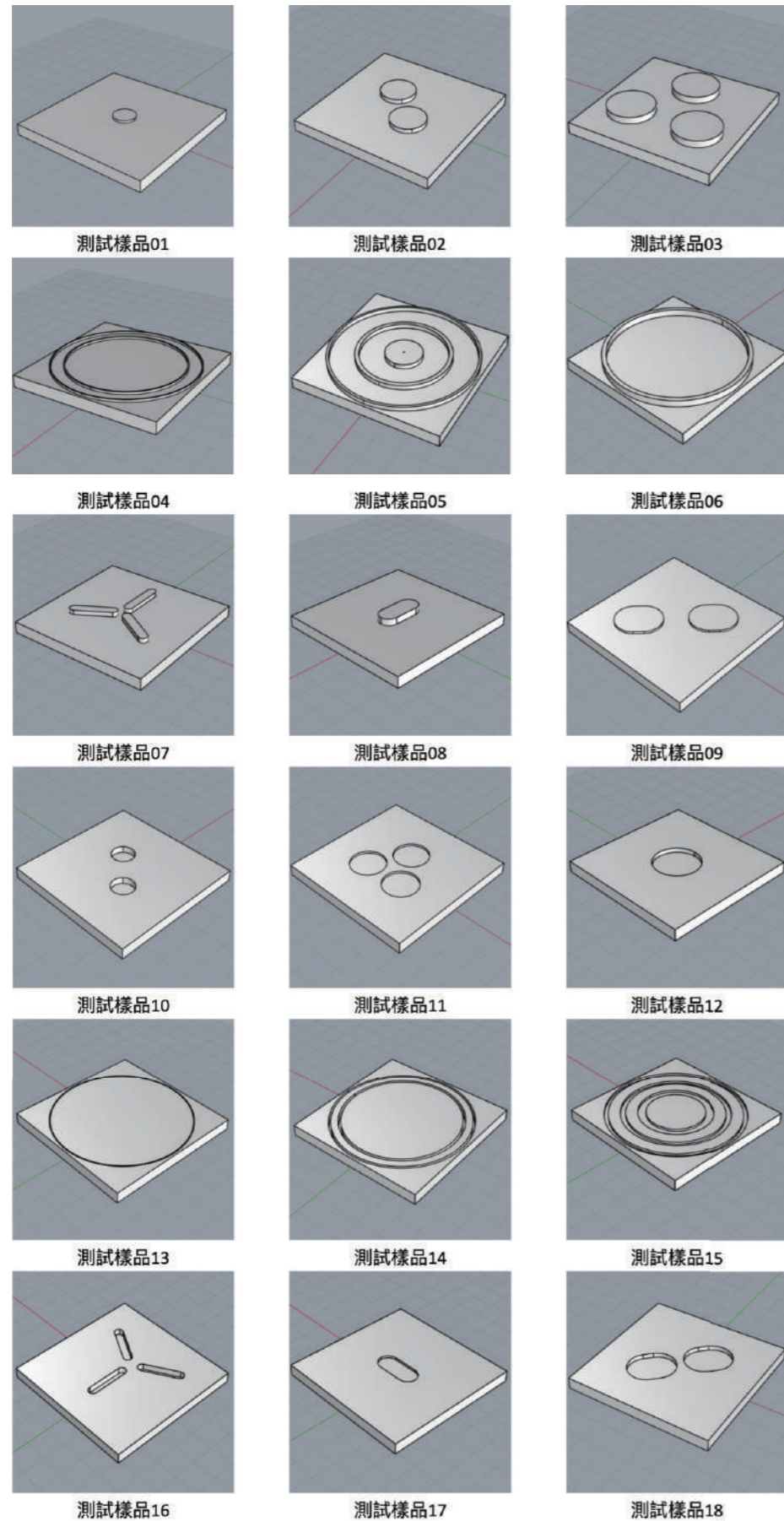
表 1
止滑紋路實驗參數設定表

Control Parameters / Unit	Level 1	Level 2	Level 3
(A) 陰陽刻	陽刻	陰刻	-
(B) 排列	點狀(圓點)	環狀(同心圓)	放射(長條狀)
(C) 接觸面積(mm ²)	78.5	176.5	314
(D) 深度(mm)	0.5	1	2
(E) 邊緣最近間距(mm)	3	5	10
(F) 接觸點數量	1	2	3

表 2
田口式穩健設計 L18 止滑紋路實驗參數表

No.	實驗參數設定					
	陰陽刻	排列	接觸面積 (mm ²)	深度 (mm)	邊緣最近間距 (mm)	接觸點數量
1.圖(1)	陽刻	點狀	78.5	0.5	3	1
2.圖(2)	陽刻	點狀	176.5	1	5	2
3.圖(3)	陽刻	點狀	314	2	10	3
4.圖(4)	陽刻	環狀	78.5	0.5	5	2
5.圖(5)	陽刻	環狀	176.5	1	10	3
6.圖(6)	陽刻	環狀	314	2	3	1
7.圖(7)	陽刻	放射	78.5	1	3	3
8.圖(8)	陽刻	放射	176.5	2	5	1
9.圖(9)	陰刻	放射	314	0.5	10	2
10.圖(10)	陰刻	點狀	78.5	2	10	2
11.圖(11)	陰刻	點狀	176.5	0.5	3	3
12.圖(12)	陰刻	點狀	314	1	5	1
13.圖(13)	陰刻	環狀	78.5	1	10	1
14.圖(14)	陰刻	環狀	176.5	2	3	2
15.圖(15)	陰刻	環狀	314	0.5	5	3
16.圖(16)	陰刻	放射	78.5	2	5	3
17.圖(17)	陰刻	放射	176.5	0.5	10	1
18.圖(18)	陰刻	放射	314	1	3	2

圖 4
測試樣品圖



3-2 類橡膠材質 3D 列印

類橡膠材質 (Flexible) 的一個主要優勢是能夠模擬觸感柔軟的材料如圖 5，材料機械性質如表 4，可提供逼真的觸感體驗。該材料為需要舒適和人體工學握把的應用的理想選擇，無論是用於手柄、握把還是緩衝元件，這種樹脂都可以為設計增添舒適感和用戶友好性。此外，類橡膠材質特別適合用於多材料組件，它可以與其他材料無縫結合，創造出具有不同彈性水平的複雜零件。這種多功能性為在不同區域具有不同功能要求的產品設計打開了可能性。通過使用類橡膠材質，可以在不影響耐用性和強度的前提下實現所需的靈活性和人體工學特性。使用此樹脂製造的零件具有出色的耐磨、耐撕裂和抗衝擊性能，適用於各種應用。

圖 5
3D 列印類橡膠材質
圖片來源：(光固化 3D 列印機 Form 3 低應力光固化成型技術 - 台灣天馬, 2023)



無論是在開發原型、功能模型還是最終使用零件，類橡膠材質都提供了一種具有成本效益的解決方案，可用於添加人體工學特徵、製造具有彎曲、壓縮和觸感柔軟特性的零件。其多功能性和耐用性使其成為各個行業的寶貴材料，包括消費品、電子產品、汽車等。

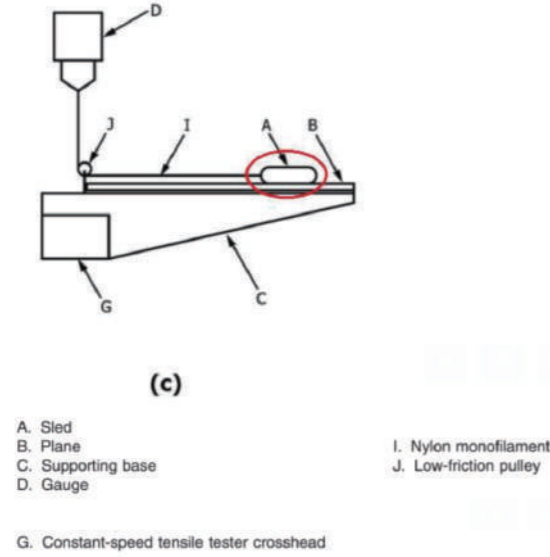
表 3
類橡膠材料性質
資料來源：(光固化 3D 列印機 Form 3 低應力光固化成型技術 - 台灣天馬, 2023)

機械性質	數據	測試方法
極限拉伸強度 (Ultimate Tensile Strength)	7.7-8.5 MPa	ASTM D 412-06 (A)
斷裂伸長率 (Elongation at Failure)	75-85 %	ASTM D 412-06 (A)
壓縮永久變形 (Compression Set)	0.40 %	ASTM D 395-03 (B)
撕裂強度 (Tear Strength)	13.3-14.1 kN/m	ASTM D 624-00
蕭氏硬度 (Shore Hardness)	80-85 A	ASTM 2240

3-3 ASTM D1894 檢測

ASTM D1894 是美國材料和試驗協會 (American Society for Testing and Materials, ASTM) 制定的一個標準試驗方法如圖 6，用於測量固體材料之間的摩擦係數。

圖 6
ASTM D1894 檢測圖
資料來源：(塑膠中心首頁 | 財團法人塑膠工業技術發展中心, 2017)

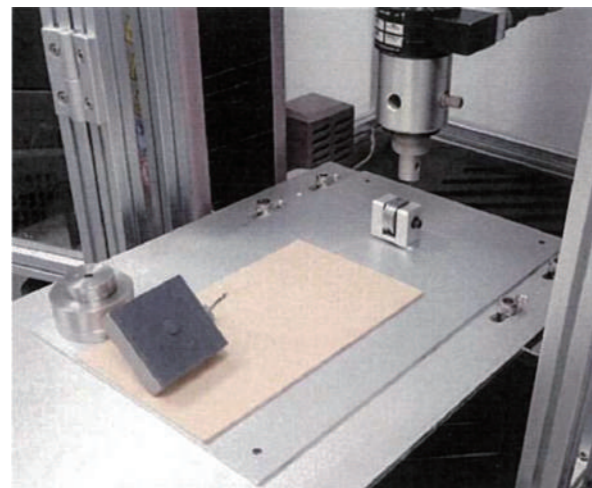


ASTM D1894 試驗方法旨在確定固體材料在平面上的靜態和動態摩擦特性。這個試驗方法適用於各種材料，包括塑料、橡膠、紙張、塗層和薄膜等。它可以提供有關材料間摩擦性能的數據，這對於設計和製造需要考慮材料之間摩擦的產品非常重要。在試驗中，試樣材料通常以平面狀態放置在測試設備上。然後，一個稱為摩擦測試機的裝置會施加一定的力量，使試樣與另一個表面相互接觸和滑動。通過測量施加的力量和相對運動的阻力，可以計算出摩擦係數。檢測環境檢測的 18 個樣本如表 4 及圖 7 所示。

表 4
ASTM-D1894 乾式檢測環境

環境條件	測試物體
試片調節條件: 23°C±2°C，相對濕度50%±5%，24小時以上 實驗室條件: 23°C±2°C，相對濕度50%±5%	試驗條件: 速度：150mm/min 測試距離：150mm 上載荷重：1000g 並將試驗試片放上地板木板上執行測試

圖 7
實驗環境圖
圖片來源：(塑膠中心首頁 | 財團法人塑膠工業技術發展中心, 2017)

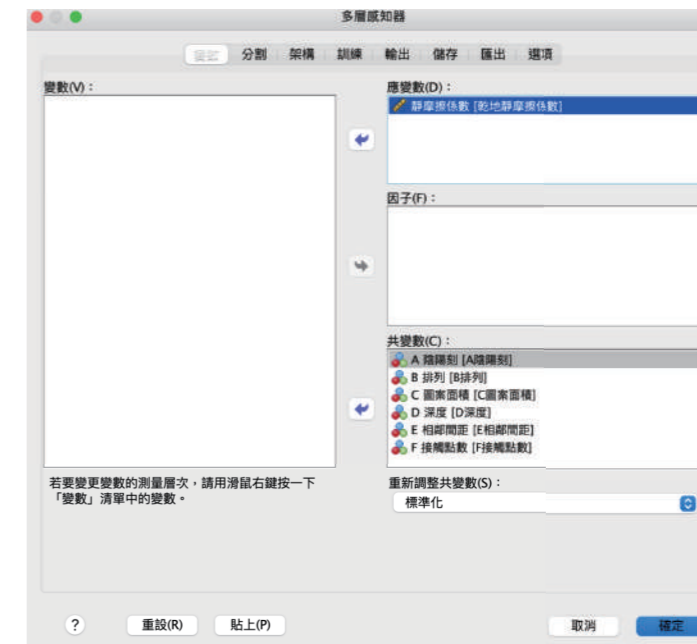


3-4 類神經網路

本研究以前面階段所產生之實驗數據，將資料分為兩階段分別為第一階段訓練集來訓練類神經網路的模組建構，第二階段透過第一階段訓練的神經網路模型來代入參數來預測出相對應的摩擦係數。用 SPSS 類神經網路套裝軟體為例：

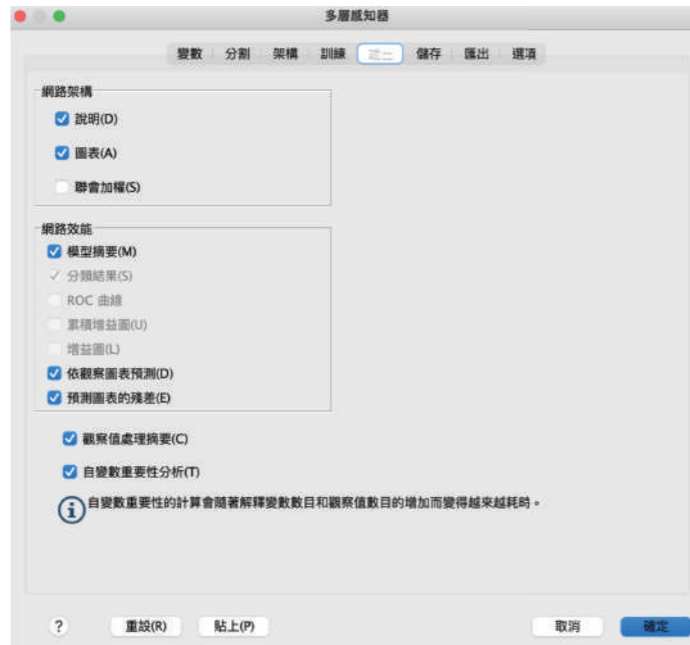
- (1) 開啟數據檔案
- (2) 選擇選單 "分析" -> "類神經網路" -> "多層感知器"
- (3) 第一階段乾地靜摩擦總共做 13 次類神經網路訓練，然後第一次在 "變數" 介面中，把參數 (A) 陰陽刻 (B) 排列 (C) 圖案面積 (D) 深度 (E) 相鄰間距 (F) 接觸點數放入 "共變數" 欄位中，乾地靜摩擦係數放入 "應變數" 欄位中，"重新調整共變數" 選擇標準化選項，如圖 8。

圖 8
神經網路多層感知器選項



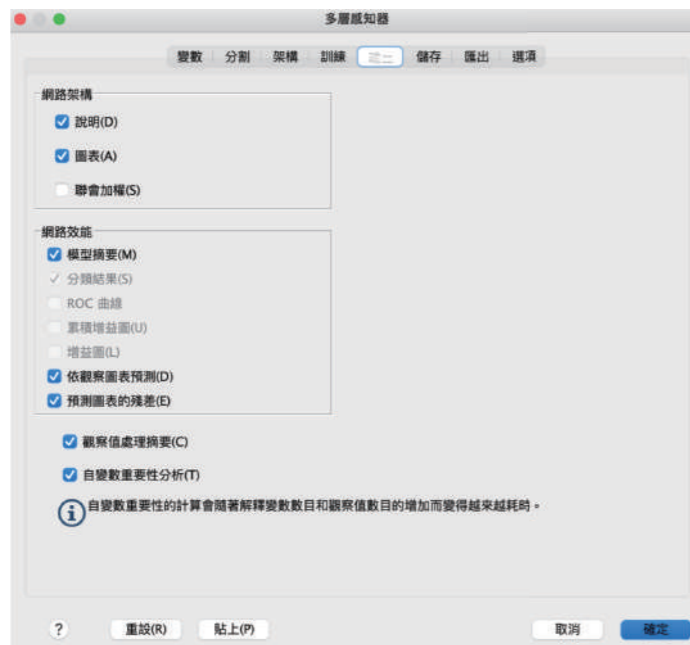
- (4) 在 "輸出" 介面中勾選說明、圖表、模型摘要、依觀察圖表預測、預測圖表的殘差、觀察值處模型摘要與自變數重要性分析，詳如圖 9 所示。

圖 9
多層感知器輸出介面選項



(5) 介面中勾選儲存每個應變數的預測值或種類，如圖 10。

圖 10
多層感知器儲存介面選項



- (6) 進行類神經網路分析時，使用了以下的分割區參數：
1. 訓練分割區大小設定為 70%，用於訓練數據。
 2. 測試分割區大小設定為 30%，用於測試數據。
- (7) 選擇 " 確定 " 開始訓練模型，然後反覆訓練多次計算其平均值。

第四章 研究結果分析

4-1 ASTM D1894 實驗檢測結果

本實驗對田口式穩健設計法所規劃的 18 個樣本進行測試，測試結果如表 5 所示。進行測試時，試片的調節條件為保持溫度在 23°C ± 2°C，相對濕度在 50% ± 5%，並進行 24 小時以上的維持。測試時的速度為每分鐘 150 毫米，測試距離為 150 毫米，上載荷重為 1000 克。

表 5
靜摩擦係數實驗結果

No.	實驗參數設定						實驗結果
	陰陽刻	排列	接觸面積 (mm ²)	深度 (mm)	邊緣最近間距 (mm)	接觸點數量	靜摩擦係數
1	陽刻	點狀	78.5	0.5	3	1	0.962
2	陽刻	點狀	176.5	1	5	2	0.954
3	陽刻	點狀	314	2	10	3	1.166
4	陽刻	環狀	78.5	0.5	5	2	1.125
5	陽刻	環狀	176.5	1	10	3	1.205
6	陽刻	環狀	314	2	3	1	0.965
7	陽刻	放射	78.5	1	3	3	1.194
8	陽刻	放射	176.5	2	5	1	0.908
9	陽刻	放射	314	0.5	10	2	1.034
10	陰刻	點狀	78.5	2	10	2	1.725
11	陰刻	點狀	176.5	0.5	3	3	1.611
12	陰刻	點狀	314	1	5	1	1.636
13	陰刻	環狀	78.5	1	10	1	1.380
14	陰刻	環狀	176.5	2	3	2	1.525
15	陰刻	環狀	314	0.5	5	3	1.455
16	陰刻	放射	78.5	2	5	3	1.724
17	陰刻	放射	176.5	0.5	10	1	1.858
18	陰刻	放射	314	1	3	2	1.792

4-2 田口穩健設計法實驗結果分析

本研究初步設定靜摩擦係環境需求設定為 1.600（望目目標），乾式環境靜摩擦係數以望目 (Nominal the Best) 進行演算，從實驗結果（表 5）可以看出，不同參數組合下的靜摩擦係數存在明顯差異，陰陽刻參數對靜摩擦力的影響較為顯著，陰刻樣本的靜摩擦係數普遍高於陽刻樣本，顯示陰刻的紋路設計在乾式環境下能夠提供更好的防滑性能，可能是因為陰刻紋路在與地面接觸時，能夠形成更緊密的咬合，增加摩擦係數。

排列參數也對靜摩擦係數產生了一定的影響。點狀排列的樣本在某些參數組合下表現出較高的靜摩擦係數，如第 10 號樣本（陰刻、點狀、78.5、2、10、2，靜摩擦係數為 1.725）；另，環狀排列的樣本靜摩擦係數相對較為穩定，在不同參數組合下波動較小。放射狀排列的樣本靜摩擦係數在不同參數組合下差異較大。這說明不同的排列方式對靜摩擦係數的影響具有複雜性，需要綜合考慮其他參數的協同作用。

接觸面積參數與靜摩擦力之間呈現先增大，然後減小的趨勢（圖 11）。隨著接觸面積的增大，靜摩擦係數有逐漸增大的趨勢。在陽刻、點狀排列的情況下，接觸面積從 78.5mm² 增加到 314mm²，靜摩擦力從 0.962 增加到 1.166。但這種正相關關係並非絕對，還受到其他參數的影響。當接觸面積增加時，表面的微觀結構和分子間作用力也會發生變化，從而影響靜摩擦係數的大小。

深度參數對靜摩擦係數也有些許的影響。在部分樣本中，隨著深度的增加，靜摩擦係數呈現遞減的趨勢（圖 11）。這可能是因為深度過深時，紋路容易被堵塞，導致摩擦係數下降。深度還會影響紋路的變形能力，進而影響與地面的接觸狀態和摩擦力。

邊緣最近間距參數對靜摩擦係數有一定的影響，隨著間距的增加，靜摩擦係數呈現遞減的趨勢（圖 11），較小的邊緣最近間距在一些樣本中表現出較高的靜摩擦係數，可能是因為較小的間距可以增加紋路之間的協同作用。在陰刻、點狀排列的樣本中，邊緣最近間距為 3mm 時，靜摩擦係數相對較高。

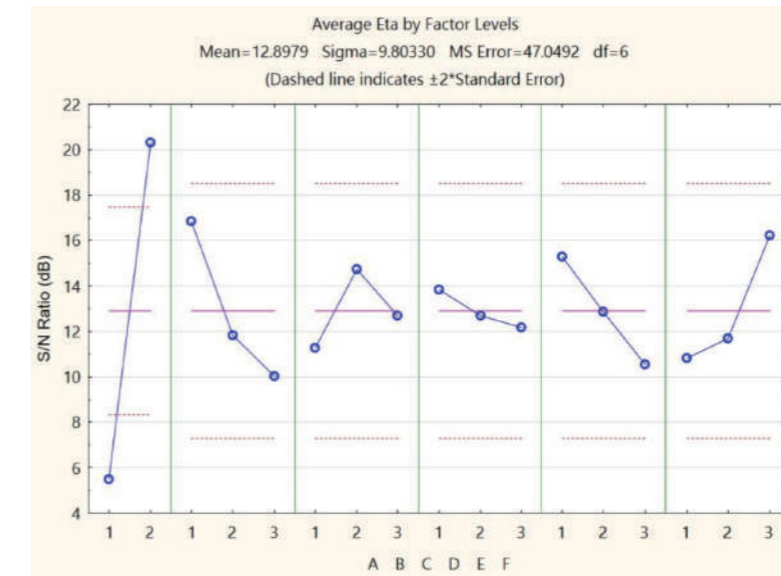
接觸點數量參數對靜摩擦係數有一定的影響，靜摩擦係數呈現遞增的趨勢（圖 11）。較多的接觸點在某些樣本中能夠提供更高的靜摩擦力。在陰刻、放射狀排列的樣本中，接觸點數量為 3 時，靜摩擦係數相對較高。這是因為較多的接觸點可以增加摩擦力的均勻性，提高防滑性能。

為了進一步分析各參數對靜摩擦係數的影響程度，進行了變異數分析（ANOVA）。變異數分析結果顯示（表 6），陰陽刻、排列、接觸面積、深度、邊緣最近間距和接觸點數量這六個參數對靜摩擦係數的影響均具有統計學意義。陰陽刻參數的影響最為顯著，其 F 值較大，P 值小於 0.01。由此再次證明陰陽刻是影響乾式靜摩擦係數的關鍵因素；另，深度參數的影響相對較小，但仍然對靜摩擦係數有一定的貢獻。透過變異數分析，能夠明確各參數在影響靜摩擦係數方面的重要性，為後續的參數優化和模型建立提供了有力的參考依據。

表 6
乾式環境靜摩擦力變異數分析表

參數項	SS	DOF	MS	F檢定	P檢定
[A]陰陽刻	988.125	1	988.125	21.002	0.004
[B]排列	149.597	2	74.798	1.589	0.279
[C]接觸面積	36.998	2	18.499	0.393	0.691
[D]深度	8.681	2	4.341	0.092	0.913
[E]最近間距	67.407	2	33.703	0.716	0.526
[F]接觸點數量	100.678	2	50.339	1.069	0.400

圖 11
靜摩擦係數之參數反應圖 (A: 陰陽刻 B: 排列 C: 接觸面積 D: 深度 E: 最近間距 F: 接觸點數量)



4-3 類神經網路模型訓練

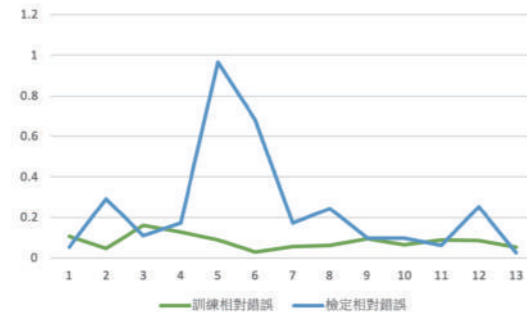
應用 SPSS 裡面的神經網路分析，透過前階段田口式穩健設計法與 ASTM D1894 的檢測結果，以乾式環境檢測環境，分別進行多形態（次）類神經網路分析，因為類神經網路模型因隨機初始化特性，不同訓練批次結果存在微小波動，但最終分析的結果會在某一個數據區間範圍內，所以透過多次分析的結果做為分析的標準也藉此訓練類神經網路的完整性；最終，以訓練的相對錯誤和檢定相對錯誤接近於 0.05 為訓練完成依據。

以乾式環境靜摩擦係數檢測 18 組的數據透過類神經網路分析預測的結果，並排除相對非重要的參數，採取相對重要的參數；最終，實驗進行多形態類神經訓練得到相對準確的訓練結果如表 7，其數據統計如圖 12。

表 7
多形態之乾式環境之類神經訓練數據模型分析結果

No	參數	操作	訓練相對錯誤	檢定相對錯誤
01	[A][B][C][D][E][F]	標準化並全參數訓練	0.106	0.054
02	[A][B][C][D][E][F]	常態化並全參數訓練	0.048	0.292
03	[A][B][C][D][E][F]	調整常態化並全參數訓練	0.159	0.110
04	[A][C][D][E][F]	標準化及去除B參數訓練	0.127	0.172
05	[A][C][D][F]	標準化及去除E參數訓練	0.088	0.966
06	[A][C][D][F]	重複第5次參數訓練	0.028	0.680
07	[A][C][D][F]	重複第5次參數訓練	0.056	0.172
08	[A][D][F]	標準化及去除C參數訓練	0.061	0.242
09	[A][D][F]	重複第8次參數訓練	0.095	0.099
10	[A][D][F]	重複第8次參數訓練	0.066	0.099
11	[A][D][F]	重複第8次參數訓練	0.089	0.061
12	[A][C][D][F]	標準化並調整添入參數C訓練	0.087	0.253
13	[A][C][D][F]	重複第12次參數訓練	0.053	0.025

圖 13 類神經網路參數訓練模型圖



透過類神經網路分析出的最終訓練模組之分析圖，如圖 10 所示。最終訓練結果影響較大的四個參數分別為 [A] 陰陽刻，[C] 圖案面積，[D] 深度及 [F] 接觸點數量，其重要性分別是 0.478、0.067、0.176、0.279，如表 8 所示。

圖 12 乾式環境靜摩擦係數之神經訓練數據的訓練結果

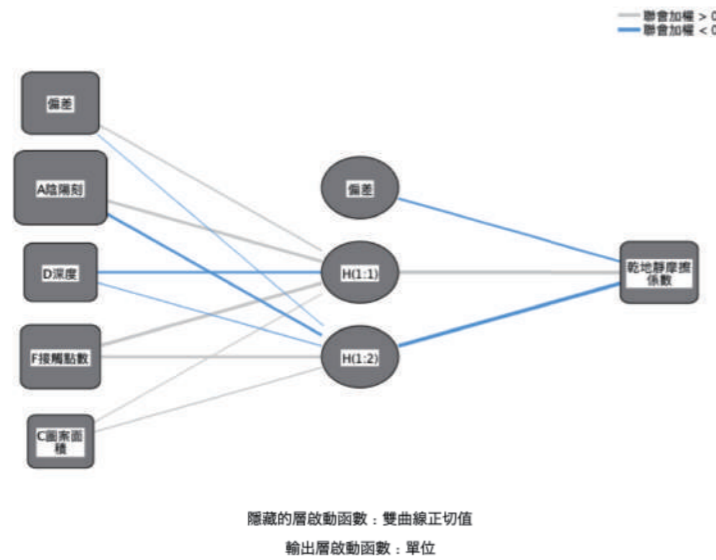


表 8 類神經分析之自變數的重要性

參數項	重要性	常態化重要性
[A] 陰陽刻	0.478	100%
[C] 圖案面積	0.067	13.9%
[D] 深度	0.176	36.7%
[F] 接觸點數	0.279	58.4%

透過田口式穩健設計法之分析步驟，其乾式摩擦係數信號雜音比得知優化參數水準組合為 A2/B1/C2/D1/E1/F3，如圖 11；接續，並透過此參數數據代入前階段訓練完成的神經網路模型進行微調與分析。針對此配比進行 [A] 陰陽刻、[C] 接觸面積及 [D] 深度參數的微調後，代入前面階段訓練的靜摩擦係數之類神經網路模型，進行 10 次推導演算再進行平均值之統計分析。透過圖 11 參數反應圖可顯示參數 [A] 陰陽刻無法做參數微調，參數 [C] 接觸面積的值中間點最高，所以採用高點旁之左右兩點的值，最後參數 (D) 深度的值則是中間點最高所以採用分別左右兩點的值，參數 (F) 接觸點數量無法做參數微調，其參數值分別帶 (C) 接

觸面積 166.5、176.5、186.5 以及 (D) 深度參數為 0.3、0.4、0.5 交互組合得出 9 組搭配的參數，如表 9 所示。交互組合得出 9 組的相對應的平均靜摩擦係數，分別為 1.625、1.623、1.620、1.627、1.624、1.622、1.628、1.619、1.621，透過田口穩健設計法中的訊號雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio) 望目靜摩擦係數所設定 1.600 的優化參數代入神經網路模型，所得到的優化結果是 1.619 ± 0.067。

透過田口穩健設計法中的訊號雜訊比所分析之乾式摩擦係數信號雜音比得知優化參數水準組合為 A2/B1/C2/D1/E1/F3，經由公式 (4) 及 (5) 計算，田口的靜摩擦係數預測值為 1.600 ± 0.023 亦即 1.623 或 1.577；另，透過 ASTM D1894 的實際檢測結果，其靜摩擦係數為 1.611 (表 5 中，第 11 組數據)；類神經網路訓練模組的值為 1.619 ± 0.067 整體上較貼近真實檢測數據 (表 9)，模型預測的靜摩擦係數與實際值的平均誤差在 5% 以內，驗證了模型的準確性和可靠性。另，從田口式穩健設計法中的訊號雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio) 分析可以看出 [A] 陰陽刻為最影響的因素；另，類神經網路所分析的控制參數影響重要程度大到小則是 [A] 陰陽刻、[F] 接觸點數量、[D] 深度、[C] 圖案面積；[A] 陰陽刻和 [F] 接觸點數量是最直接影響到接觸面積的因素，所以其會影響程度較高，[D] 深度則是有可能是垂直施力會導致底部變形，進而導致影響到拉動時的接觸面積。

表 9 透過調整 [C] 接觸面積及 [D] 深度參數進行乾地優化靜摩擦係數之神經網路推算數據

次數	[C]	166.5	176.5	186.5	166.5	176.5	186.5	166.5	176.5	186.5
	[D]	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
01		1.632	1.627	1.622	1.634	1.629	1.624	1.636	1.631	1.626
02		1.723	1.718	1.713	1.724	1.719	1.714	1.725	1.701	1.716
03		1.538	1.532	1.526	1.544	1.538	1.532	1.550	1.524	1.538
04		1.691	1.688	1.685	1.690	1.687	1.684	1.688	1.685	1.682
05		1.559	1.559	1.559	1.559	1.559	1.559	1.559	1.559	1.559
06		1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533	1.533
07		1.574	1.574	1.574	1.574	1.574	1.574	1.574	1.574	1.574
08		1.655	1.648	1.640	1.660	1.653	1.646	1.666	1.635	1.632
09		1.691	1.691	1.691	1.691	1.691	1.691	1.690	1.690	1.691
10		1.656	1.657	1.658	1.656	1.657	1.658	1.656	1.657	1.657
平均值		1.625	1.623	1.620	1.627	1.624	1.622	1.628	1.619	1.621
標準差		0.069	0.069	0.068	0.069	0.068	0.068	0.068	0.067	0.066

4-4 兩種方法對比與綜合分析

田口式穩健設計法和類神經網路在分析影響因素、優化參數以及預測靜摩擦係數方面各具特色，通過對比兩者的優缺點，能夠更全面理解此兩種方法在本研究中的作用和價值。

田口式穩健設計法的優點在於其基於直交表的實驗設計，能在較少的實驗次數下，有效的評估多個因素及其交互作用對結果的影響。在本研究中，通過 L18 直交表對六個參數進行實驗組合，大幅減少了實驗樣本數量，降低了實驗成本和時間。田口式穩健設計法利用信噪比和變異數分析，能夠獲致各因素對靜摩擦係數的影響程度，從而確定優化的參數組合。在乾式環境靜摩擦係數分析中，通過田口法計算信噪比，得出陰陽刻、排列、接觸點數量等因素對靜摩擦力影響較大，並確定了 A2/B1/C2/D1/E1/F3 的優化參數水準組合。然而，田口

式穩健設計法也存在一定的局限性，需依賴於實驗數據，對複雜的非線性關係處理能力較弱。在實際應用中，當影響因素之間存在複雜的非線性關係時，田口法可能無法準確地描述和預測靜摩擦係數的變化；另，田口式穩健設計法在參數微調方面相對不夠靈活，難以對參數進行更精細的調整以適應不同的應用場景。

類神經網路則具有強大的非線性建模能力，能夠自動學習輸入參數與靜摩擦係數之間複雜的非線性關係。在本研究中，通過對實驗數據的學習和訓練，類神經網路能夠準確地預測不同參數組合下的靜摩擦係數。類神經網路對資料的適應性強，能夠處理各種類型的數據，包括雜訊數據和不完整資料。在數據預處理過程中，即使數據存在一定的雜訊和缺失值，經過數據前置處理後，類神經網路依然能夠有效的學習和建模。類神經網路在參數調整方面相較於田口式穩健設計法具有較高的靈活性，可以通過調整網路結構和參數，適應不同的預測需求。透過增加或減少隱藏層節點數、調整學習率等參數，可以優化模型的性能。但是，類神經網路也存在一些缺點，它的模型型態猶如是一種黑盒模型，內部的學習和決策過程難以直觀理解，缺乏可解釋性。在實際應用中，這可能會給用戶帶來一定的困惑，難以明確模型的決策依據。類神經網路的訓練需要大量的數據和計算資源，訓練時間較長。

綜合兩者研究法，其結果可以發現，田口式穩健設計法在實驗設計和因素分析方面具有優勢，能夠快速確定影響靜摩擦係數的關鍵因素和優化參數組合。另，類神經網路在非線性建模和預測方面表現出色，能夠根據輸入參數準確預測靜摩擦係數。在實際應用中，可以將兩者研究法結合起來；首先利用田口式穩健設計法進行實驗設計、採集數據和因素分析等，確定主要影響因素和初步的優化參數組合。然後，將這些初步結果作為類神經網路的輸入，進一步訓練和優化模型，提高模型的預測準確性和泛化能力。在對某特定摩擦係數之防滑產品進行設計時，先通過田口式穩健設計法確定關鍵參數和優化組合，再利用類神經網路對不同使用場景下的靜摩擦係數進行預測，為產品的設計和改進提供更全面的支援。

第五章 結論與展望

5-1 研究總結

本研究整合田口式穩健設計法與類神經網路，對乾式靜摩擦係數進行了深入研究，取得了一系列初步成果。通過田口式穩健設計法的 L18 直交表實驗設計，系統地探究了陰陽刻、排列、接觸面積、深度、邊緣最近間距和接觸點數量等參數對乾式靜摩擦係數的影響。實驗結果表明，陰陽刻和接觸點數量是影響乾式靜摩擦係數的關鍵因素，這與預期相符，因為陰陽刻直接影響紋路與地面的接觸方式，而接觸點數量則決定了接觸面積和摩擦力的分佈。通過分析各參數的不同水準組合，確定了優化的參數組合，為防滑紋路的設計提供了具體的參考依據。

基於實驗數據，構建了多層感知器類神經網路模型，並通過多次訓練和優化，使其能夠準確地預測乾式靜摩擦係數。模型訓練結果顯示，經過多次反覆運算訓練，模型在訓練集和

測試集上的損失函數分別下降到了 0.05，準確率達到了 95% 以上。這表明模型具有良好的學習能力，能夠有效地根據輸入的參數預測乾式靜摩擦係數。通過對比模型預測結果與實際檢測結果，發現模型預測的乾式靜摩擦係數與實際值的平均誤差在 5% 以內，驗證了模型的準確性和可靠性。

將田口式穩健設計法與類神經網路相結合，發揮了兩者的優勢，提高了研究的效率和準確性。田口式穩健設計法通過合理的實驗設計，減少了實驗次數，降低了實驗成本，同時能夠全面考察各參數及其交互作用對乾式靜摩擦係數的影響。類神經網路則能夠對複雜的數據進行分析和建模，學習到參數與乾式靜摩擦係數之間的非線性關係，為預測提供了強大的工具。這種相互結合方法為防滑紋路的優化設計和靜摩擦係數的預測提供了一種創新的思路和方法，具有實務上的參考價值。

本研究結果對於防滑產品的設計和開發具有重要的參考指標性。在實際應用中，可以根據不同的使用環境和需求或法規之規範，參考本研究確定的優化參數組合，設計出具有最佳防滑性能的紋路。今以設計靜摩擦係數為 1.60 為需求為範例，在乾式地面防滑設計中，可以選擇陰刻、點狀排列、接觸面積為 176.5mm²、深度為 0.5mm、邊緣最近間距為 3mm 和接觸點數量為 3 的紋路組合，以提高地面的防滑性能。所開發的類神經網路模型可以作為預測工具，幫助設計師快速評估因應在不同靜摩擦係數所對應之優化參數組合下的防滑設計，提高產品的品質和安全性。

5-2 研究不足與展望

本研究在整合田口式穩健設計法與類神經網路對止滑紋路靜摩擦係數的預測方面取得了初步成果，但仍存在一些不足之處。樣本材料的選擇相對單一，僅採用了一種類橡膠材質進行實驗。在實際應用中，不同材質的表面特性和摩擦性能差異較大，如金屬、塑膠、木材等材質在不同環境下的靜摩擦係數表現各不相同。單一的樣本材料限制了研究結果的普適性，無法全面反映各種材質在防滑應用中的特點和規律。後續研究可以考慮增加樣本材料的種類，涵蓋更多不同特性的材料，再進行對比實驗，以獲得更具廣泛適用性的研究成果，為不同材質的防滑設計提供更全面的數據庫。

本研究在實驗環境僅類比了乾式環境，未考慮其他複雜的實際使用環境，諸如高溫、低溫、高濕度與油污等特殊環境，對靜摩擦力的影響。這些特殊環境因素可能會改變材料的表面性質和摩擦特性，從而影響防滑效果。在高溫環境下，材料可能會變軟，導致摩擦力發生變化；在油污環境中，表面的潤滑作用會顯著降低靜摩擦力。未來研究應拓展實驗環境的多樣性，類比各種實際使用場景，深入探究不同環境因素對靜摩擦係數的影響機制，為在複雜環境下的防滑設計提供更準確的依據。

雖然類神經網路模型在本研究中取得了初步的預測效果，但模型的泛化能力仍有待進一步提高。模型的訓練數據基於特定的實驗條件和參數範圍；但對於超出這些範圍的新數據，模型的預測準確性可能會下降。在實際應用中，可能會遇到各種不同參數組合和環境條件的

情況，模型需要具備更強的泛化能力才能準確預測靜摩擦係數。後續可以通過增加訓練數據的多樣性，包括不同的紋路參數組合、材料特性和環境條件等，藉以提高模型的泛化能力。

展望未來，相關研究可以朝著多因素綜合分析的方向發展。除了考慮紋路參數和環境因素外，還可以將材料的微觀結構、表面處理等因素納入研究範圍，全面深入探究這些因素對靜摩擦係數的影響。通過建立更複雜、更全面的模型，才能夠更準確地預測不同條件下的靜摩擦係數，為防滑設計提供更精確的設計支援。

誌謝

本研究承實踐大學專題研究計畫 (USC-112-05-01001) 經費補助，特此感謝。

參考文獻

1. Chang, Y. C., Liu, C. T., & Hung, W. L. (2009). Optimization of process parameters using weighted convex loss functions. *European Journal of Operational Research*, 196(2), 752-763. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VCT-4S92TM1-3/2/cfecaca37dbdf6e40fca13bf073bb1af>
2. Giancoli, D. C. (2016). *Physics: Principles with applications* (7th ed.). Pearson.
3. Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of physics* (10th ed.). Wiley.
4. IBM Documentation. (2023, March 3). SPSS Statistics 29.0 神經網路分析用戶手冊 [Computer software manual]. <https://www.ibm.com/docs/zh-tw/spss-statistics/29.0.0?topic=networks-what-is-neural-network>
5. Owen, D. R. F., & Unsworth, A. (2005). A review of friction and slip at the human-floor interface. *Tribology International*, 38(3), 249-261.
6. Råde, L., & Westergren, A. (2015). *Mathematics for engineering and science* (6th ed.). Pearson.
7. Tzeng, Y., & Chen, F.-C. (2006). Multiobjective process optimisation for turning of tool steels. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 1(1), 76-93. <https://doi.org/10.1504/IJMMM.2006.010659>
8. 人工神经网络. (2023). In 維基百科，自由的百科全書. <https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=%E4%BA%BA%E5%B7%A5%E7%A5%9E%E7%BB%8F%E7%BD%91%E7%BB%9C&oldid=76753129>
9. 光固化列印機 Form 3 低應力光固化成型技術—台灣天馬. (2023). <https://www.taiwantema.com.tw/form-3-3d.html>
10. 陳香伶, 呂立晨, 劉益萍, 傅麒錦, & 陳昱達. (2007). 應用類神經網路於國內開放式科技基金淨值預測之研究. *南亞學報* (27), 197-207. <https://doi.org/10.6989/JN.200712.0197>
11. 陳啟斌, 林進財, & 張哲維. (2000). 灰關聯應用於田口方法多重品質特性問題. *技術學刊*, 15(1), 25-33.
12. 陳嘉基. (1987). 台灣地區建築氣候之研究 ~ 建築用氣候分區及風氣象資料之整理 [國立成功大學]. 台南市. <https://hdl.handle.net/11296/2f3eau>
13. 塑膠中心首頁 | 財團法人塑膠工業技術發展中心. (2017). 塑膠中心首頁 | 財團法人塑膠工業技術發展中心. <https://www.pidc.org.tw/>
14. 衛生福利部國民健康署. (2016, 十二月 31). 衛生福利部國民健康署 (涵蓋範圍) [Text/html]. 衛生福利部國民健康署; 衛生福利部國民健康署. <https://www.hpa.gov.tw/Pages/Detail.aspx?nodeid=807&pid=4327>

「框架效應」－視錯覺原理應用於服裝敘事

翁曉惠

實踐大學服裝設計學系所 碩士班研究生

黃莉婷*

實踐大學服裝設計學系所 副教授

摘要

本研究從心理學角度探討框架效應與視錯覺原理在服裝設計中的應用，並透過「框架相關理論」、「歐普藝術視錯覺創作案例分析」、「服裝設計視錯覺案例分析」及「女性刻板印象的社會框架探討」進行回顧分析。研究發現，框架由文化背景、歷史脈絡、生活經歷及符號等多重媒介構建，進而影響感知與視覺判斷，且框架效應所帶來的思考限制超乎想像。

本研究以成衣品牌設計師視角，反思現今成衣產業中的研發設計過程，檢視是否受制於主流「審美價值觀」。透過回顧不同時代的審美觀演變，探討過去設計流程中的框架，並思考這些框架對女性的影響。研究期望透過設計思辨，促使設計者突破現有框架，開啟新的創意層面，並對現今及未來服裝設計提供啟發。

關鍵字：框架效應、視錯覺原理、服裝設計、打纜工藝

* 通訊作者。

E-mail 地址：vian.weng@gmail.com

"Frame Effect" – Applying Optical Illusions to Self-Narrative in Fashion Design

WENG, XIAO-HUI

Master Program Student, Department of Fashion Design, Shih Chien University

HUANG, LI-TING*

Associate Professor, Department of Fashion Design, Shih Chien University

Abstract

This study examines the application of the framing effect and optical illusion principles in fashion design from a psychological perspective. Through a review of "framing theory," "optical illusions in Op art," "fashion design case studies," and "societal frameworks and female stereotypes," it is found that frames are constructed through cultural backgrounds, historical contexts, life experiences, and symbols, which in turn influence perception and visual judgment. The cognitive limitations imposed by framing effects are far more extensive than previously anticipated.

Additionally, the study critically reflects from the perspective of a ready-to-wear brand designer, questioning whether the current design process in the fashion industry is constrained by mainstream aesthetic values. By examining the evolution of aesthetic views over time, the study explores the frameworks within past design processes and their potential impact on women, aiming to inspire designers to break free from conventional frameworks and explore new creative possibilities in both current and future fashion design.

Keywords: Frame Effect, Optical Illusion, Fashion Design, Smocking

* Corresponding author.

E-mail address: vian.weng@gmail.com

第一章 前言

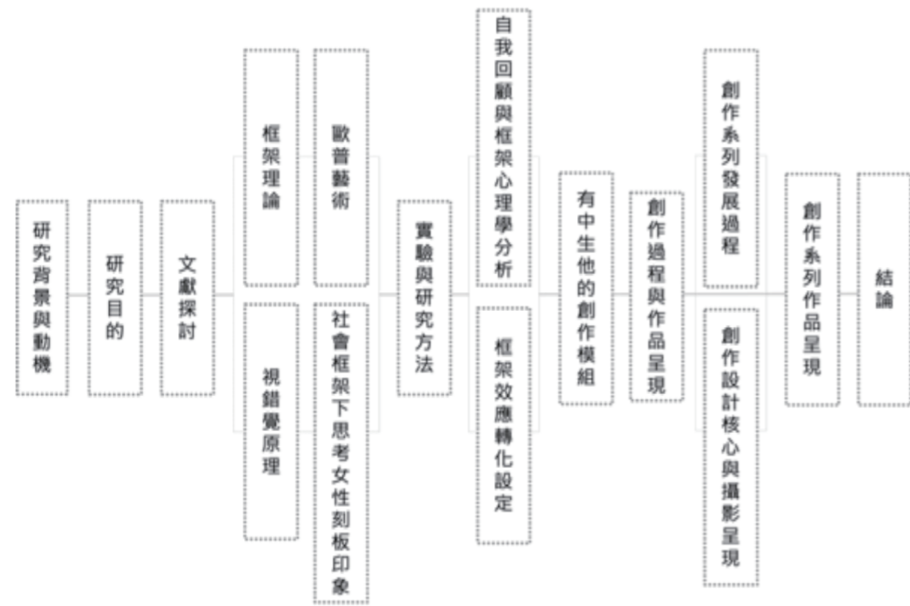
1-1 研究背景與動機

本研究探討框架效應在服裝設計中的應用，反思成衣產業與快時尚的設計過程如何受到既定「秩序」與「框架」的影響。研究者發現，這些框架影響設計選擇與創作邏輯，可能抹去服裝的多樣性。透過材質轉化實驗，研究者探索如何突破框架，讓服裝設計更具藝術性與人文氣息，並期望能以不同視角創造具有深度與意義的服裝作品。

1-2 創作目的

本研究以行動研究為取向，探討框架效應對思維的限制，並梳理相關藝術與服裝設計案例，尋找設計新可能。研究期望：一：從心理學角度分析框架效應的思維模型，將其精神並將應用於服裝創作。二：運用視錯覺原理為，結合印花與工藝，探索設計新觀點。三：反思成衣產業流程，突破傳統限制，追求更具創意與意義的服裝表現。

1-3 研究架構與流程



資料來源：研究者整理繪製。

第二章 文獻探討

2-1 框架理論

框架理論 (Framing Effect) 在心理學角上是一種認知偏差，指人們在相同問題在不同描述後，會引導人們做出不同的判斷與決策。人們的知覺和思維會受社會文化、語言、刻板印象等因素影響，形成特定的框架，限制了思考與行為的選擇。

「框架」是一個無限大的概念，受社會經歷與價值觀影響，每個人在不同視角下的認知不同。突破框架限制，擺脫「盲點」，才能以更客觀的視角感知世界。

2-1.1 社會框架

儒家思想中的「三十而立」，反應華人社會以年齡劃定人生階段，傳統文化中的教養與期待，隨著年齡增長成為無形枷鎖。文化、家庭、性別、年齡與社會地位等刻板印象，構成了我們的行為與思想框架，無形渲染地每個人的人生歷程與選擇。

2-1.2 感知框架

人對事物的認識始於感官，經由外界刺激轉換為感覺信號進入大腦，稱「感知」。視覺是五感中接收最多訊息的感官，卻常常受外界干擾產生誤差。例如：兩個相同大小的圓，被不同大小的圓圈圍繞時，右邊圓看起來比左邊大。此現象說明感知非全然客觀，會受到外在「框架」影響，這種被設計影響的視覺偏差，即為「感知框架」（如圖1）。

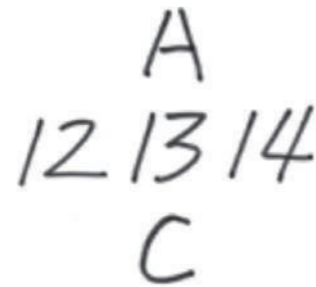
圖 1
感知框架，崔仁哲，2019。



2-1.3 思維框架

思維是感官刺激後的認知過程，會受文化背影響而形成不同模式。思維框架是大腦對事物認知的固定模式，會隨個人經驗與角度而異。例如：當兩個相同的圖案出現時，直視時為英文字母 A、B、C，橫視時則為數字符號 12、13、14，這說明不同視角會產生不同的思維框架，影響我們的判斷與理解（如圖 2）。

圖 2
思維框架，崔仁哲，2019。



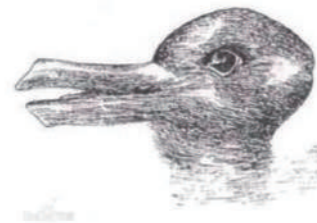
2-2 視錯覺原理

錯視又稱之為視錯覺 (Optical Illusion)，當人觀察物體時基於經驗主義或不當的參照，而導致有錯誤判斷與感知而形成的視覺假象，又分為心理原因導致的「認知錯覺」、感官器官引起的「生理錯覺」、以及圖像本身構造導致的「幾何學錯覺」三種。

2-2.1 認知錯覺

每個人都依照經驗與邏輯理解世界，自認判斷理性，卻常受情感與感知主觀性影響而產生「認知錯覺」。其中認知錯覺包含的「知覺恆常性」指外在改變時，感知仍維持穩定。而我們常言的「眼見為實」，實則是視角受主觀限制。在 1892 年德國幽默雜誌的「鴨兔錯覺圖」揭示，讓人可能看到鴨或兔兩種不同的解讀，是大腦依記憶解讀視覺資訊，可能出現不同詮釋，反映感知與認知並不絕對客觀（如圖 3）。

圖 3
鴨兔錯覺圖 I. C., Freegard, M., Moore, J., & Rawles, R., 1892。



2-2.2 幾何學視錯覺

人們常被自己的視覺系統所誤導，通常認為能夠以相同的清晰度看見視野中的所有物體，實際上，觀看過程本身就是一種建構的過程，人們的感覺器官不一定總能對客觀事物做出正確反應，會被一些線索所迷惑產生了錯視。其中在眾多的視錯覺中以幾何學視錯覺是最為人所知，以下表則常見的幾何學視錯覺的表現形式（見表 1）。



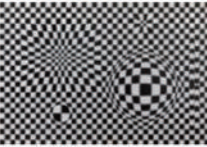

表 1
幾何學視錯覺相關研究整理
資料來源：艾賓浩斯錯覺圖形引自 Roberts, B., Harris, M. G., & Yates, T. A. (2005)。繆萊二氏錯覺圖形引自 Müller-Lyer, F. C. (1889)。加斯特羅圖形引自 Jastrow, J. (1892)。赫林錯覺圖形引自 Hering, E. (1861)。弗雷澤圖形引自 Fraser, J. (1908)。

序號	錯覺圖形名稱	圖形	構成方式
A	Ebbinghaus Illusion 艾賓浩斯錯覺圖形		以大小構成
B	Müller-Lyer Illusion 繆萊二氏錯覺圖形		以長度構成
C	Jastrow Illusion 加斯特羅圖形		以面積構成
D	Hering Illusion 赫林錯覺圖形		以方向構成
E	Fraser Spiral Illusion 弗雷澤圖形		以角度構成

2-2 歐普藝術 O P A r t

歐普藝術 (Op Art) 透過幾何與錯視營造動態效果，強調觀者的互動。代表人物瓦沙雷利 (Victor Vasarely) 認為萬物都可符號化呈現，如《斑馬》以黑白線條創造動感，《Vega》系列透過彎曲方格產生膨脹錯覺，《Homage to Malevich》透過形變營造二維錯視。他主張藝術應以維度分類，而《Fugure》融合時間元素，延伸至四維動態，突破繪畫與雕塑界線，並以幾何結構與計算邏輯傳遞韻律與秩序，開創嶄新視覺經驗（見表 2）。

表 2
歐普藝術相關研究整理
資料來源：Zebras 引自 Vasarely, V. (1938)。Homage to Malevich 引自 Vasarely, V. (1992)。Vega 引自 Vasarely, V. (1957)。Figure 引自 Vasarely, V. (1970)。

作品名稱	圖形基礎	構成方法	形態
 zebras	具象圖形,以有機形出現,具備自然特徵。	分割,整體予以解剖或分開。以「自由面」及「開放曲線」組合而成。	面的平面構成
抽象藝術基礎 □□ 用純粹的色彩與圖形突破抽象藝術			
 Homage to Malevich	四邊形,以不規則型出現,有形狀無幾何的工整度。	重疊,透過「幾何面」及「相交直線」兩種以上的連集或交集組合而成。	半立體構成
純粹幾何圖形基礎 □□ 用動力學概念創造深度突破二維度平面			
 Vega	方形,以幾何形透過重置複製形成。	反覆,以有規則性的連續呈現,透過「幾何面」及「幾何曲線」結合形成透視感。	面的立體構成
動力學可塑性基礎 □□ 彎曲線條產生擴張收縮視覺創造三維度空間			
 Figure	以線為主,透過非計畫的排列而形成偶然的自由型態。	漸變,以「幾何面」及「不相交直線」結合,由由小至大組合呈現立體感。	線的立體構成

2-3.1 服裝設計先驅者

歐普藝術自 1960 年代起大量融入時裝設計，運用數位印花、面料與廓形創新，突破傳統視覺框架，形成新穎的成衣語彙，歐普藝術的視錯覺特性與服裝深度結合，創造視覺誤區使服裝更具修飾與修身效果，至今，不再是「從無到有」，而是在既有基礎上進行重置與再創造，激發更多成衣設計思維與可能性。

Comme des Garçons 2001 年春夏 OPTICAL SHOCK 系列，以幾何與透明材質營造視覺混亂的衝擊（見表 3）。Alexander McQueen 2009 年秋冬運用千鳥格與 V 型條紋的結構切割，創造上下錯視對比（見表 4）。Louis Vuitton 2013 年春夏以棋盤格搭配人體比例對比，展現視覺的流動感（見表 5）。Marc Jacobs 同年結合歐普藝術與條文設計，達到修飾身型效果（見表 6）。Issey Miyake 2016 秋冬運用褶皺工藝，呈現幾何輪廓與動感曲線（見表 7）。

表 3
Comme des Garçons 品牌 SS 2001 之設計因子分析表
資料來源：Comme des Garçons SS 2001 秀場服裝示意圖 Vogue, 2001。

品牌名稱	服裝表現方法				
	造形圖案	構成方法	顏色	表現形態	服裝廓形
Comme des Garçons	方形幾何形	重疊	雙色印花	格形漸變+透明材質	A 型
					

表 4
ALEXANDER MCQUEEN 品牌 AW 2009 之設計因子分析表
資料來源：引自 Alexander McQueen AW 2009 秀場服裝示意圖 (Vogue, 2009)。

品牌名稱	服裝表現方法				
	造形圖案	構成方法	顏色	表現形態	服裝廓形
ALEXANDER MCQUEEN	千鳥格紋、V 型條紋	反覆	單色印花	上下比例對比變化	T 型
					

表 5
Louis Vuitton 品牌 SS 2013 之設計因子分析表
資料來源：Louis Vuitton SS 2013 秀場服裝示意圖 Vogue, 2012。

品牌名稱	服裝表現方法				
	造形圖案	構成方法	顏色	表現形態	服裝廓形
Louis Vuitton	棋盤格形	反覆	單色印花	上下比例、左右比例	H 型
					

表 6
Marc Jacobs 品牌 SS 2013 之設計因子分析表
資料來源: Marc Jacobs SS 2013 秀場服裝示意圖 Vogue, 2013。

品牌名稱	服裝表現方法				服裝廓形
	造形圖案	構成方法	顏色	表現形態	
Marc Jacobs	條紋	漸變	單色印花	條紋寬窄之疏密漸變	X 型
					

表 7
ISSEY MIYAKA 品牌《BEYOND》AW2016 之設計因子分析
資料來源: ISSEY MIYAKE 《BEYOND》Vogue, 2016。

品牌名稱	服裝表現方法				服裝廓形
	造形圖案	構成方法	顏色	表現形態	
ISSEY MIYAKA	幾何面	分割	三色以上	曲線弧形、摺皺工藝	O 型
					

2-4 社會框架下思考女性刻板印象

社會長期以來對性別的固定看法與期待，深刻影響女性行為與自我認同。女性從小被教導遵守傳統性別角色，媒體更強化「男性應強壯、女性應纖細美麗」的刻板印象，加深對女性外貌的誤解。2024 年紀錄片《Brandy Heville 與快時尚崇拜》揭露 Brandy Melville 品牌推崇「瘦即是美」，僅販售 XS、S 號服裝，藉由社群推廣狹隘美學。儘管爭議不斷，品牌仍受年輕女性喜愛，反映主流價值觀對外貌的嚴苛標準。這些壓力常被女性內化為焦慮，產生自卑，而問題根源正是這些不合理的社會審美觀（如圖 4）。

圖 4
Brandy Hellville & The Cult of Fast Fashion Orner, E 2024。



2-4.1 視錯覺與服裝穿搭

視錯覺與服裝穿搭密不可分，尤其女性常因身材焦慮，希望透過穿搭達到顯瘦效果，視錯覺穿搭透過顏色、線條與版型運用，影響人們對冷暖、明暗、遠近等感知，達到修飾身形、顯高顯瘦的目的，順應身體線條可實現更和諧的視覺比例。2020 年日本節目《この差って何ですか?》介紹兩種視錯覺穿搭技巧：「雙色錯覺」運用黑白對比與垂直分割，達到收窄與拉長身形效果（如圖 5 所示）；「長度錯覺」則透過 V 領設計露出頸部，利用繆萊二氏錯覺原理，營造更纖瘦修長的視覺感（如圖 6 所示）。找出最適合加速氧化的物質，並確認銅綠對毛線的沾染效果（見表 3-5）。

圖 5
圖雙色錯覺《この差って何ですか?》, 2020。



圖 6
圖長度錯覺《この差って何ですか?》, 2020。



2-4.2 女性身形分類

在社會審美價值觀影響下，女性常因身材焦慮而追求視覺上的顯瘦與修飾效果，並將身形分類以尋找合適的穿衣比例。現今常見分類以「對稱」為基準，依上下半身的體積，分成梨形、直筒形、蘋果形、草莓形、沙漏形、葫蘆形，藉由修飾過大或過小的部位，幫助女性認識自我身形，從中找到適合自己的穿搭方式，提升身體與服裝間的視覺和諧（見表 8）。

表 8
常見身型分類表
資料來源: FEDE FEDE, VIVLIU, 2019 (研究者整理繪製。)

身型種類	梨形	草莓形	直筒形	沙漏形	蘋果形	葫蘆形
示意圖片						
身型特徵	腰部纖細 肩胯寬接近	倒三角形 肩寬臀窄	肩腰臀比接近	肩窄臀寬	肩臀同寬 腰部豐滿	腰部纖細 胸部隆起 臀部豐滿

第三章 實驗與研究方法

3-1 自我回顧與框架理論心理學分析

在回顧自身創作與成衣經驗的過程中，研究者也反思行動是否受到社會期待與教養觀念的潛在制約，進而關注「框架」議題。心理學中的框架效應指出，表述方式會影響人們對相同資訊的判斷，例如「成功率 80%」比「失敗率 20%」更易被接受；時尚中，服裝的版型、色彩與圖案也構成一種視覺框架，影響觀者對身形與風格的感知。回顧第二章探討了社會文化、視覺認知與審美習慣如何成為無形框架，形塑我們對美與身形的判斷。亞洲社會長期以纖細為美，使女性產生身材焦慮，並透過服裝修飾以迎合主流期待，形成從審美到穿搭皆受制約的循環。透過「視錯覺」與「知覺恆常性」理論可理解黑白分割、條紋變化等服裝設計如何改變身形感知，達到顯瘦、拉長等效果。社群媒體加劇審美標準化，女性自我認同逐漸仰賴外界眼光。唯有重新理解這些心理與社會框架，才能找回審美主體性，實現更自由與有意識的穿衣選擇。

3-2 框架效應轉化設定

在第二章節的分析整理中，可以從「幾何學視錯覺相關研究整理」、「歐普藝術相關研究整理」及「服裝設計先驅者之因子分析表」的基礎下，從其中找到突破框架的切入面，作為創作依據（見表 9、表 10）。

表 9
歐普藝術之因子分析表
資料來源：研究者整理繪製。

藝術作品	造形	造形構成方法	構成元素	形態
Zebra	具象圖形—有機形 (具備自然的特徵)	分割 (整體予以解剖或分開)	自由面+ 開放曲線	面的平面構成
Hommage to Malevich	四邊形—不規則型 (有形狀，無幾何的工整度)	重疊 (兩種以上的連集或交集)	幾何面+ 相交直線	半立體構成
Vega	方形—幾何形 (重置複製相同的形狀)	反覆 (有規則性的連續呈現)	幾何面+ 幾何曲線	面的立體構成
Fugure	線—偶然型 (非有計畫而自由的型態)	漸變 (由小至大組合)	幾何面+ 不相交直線	線的立體構成

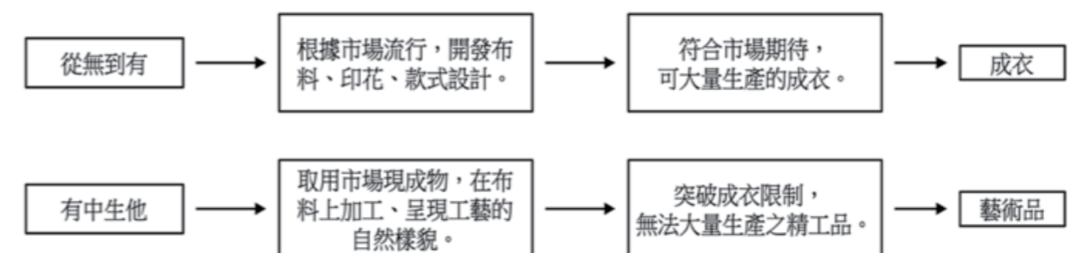
表 10
服裝設計先驅者之因子分析表
資料來源：研究者整理繪製。

服裝品牌	造形	構成方法	顏色	服裝表現方法 表現形態	服裝廓形
Comme des Garçons	方形幾何形	重疊	雙色印花	格形漸變+ 透明材質	A 型
ALEXANDER MCQUEEN	千鳥紋格形	反覆	單色印花	上下比例 之對比變化	T 型
Louis Vuitton	棋盤格形	反覆	單色印花	上下比例+ 左右比例之對比 變化	H 型
Marc Jacobs	條文	漸變	單色印花	條文寬窄 之疏密漸變	X 型
ISSEY MIYAKA	幾何面	分割	三色以上	曲線弧形+ 摺皺工藝	O 型

3-3 「從無到有」轉向「從有中生他」的創作模式

回溯成衣研發過程，常依循市場趨勢與審美框架，「從無到有」開發系列並大量生產，已形成主流運作模式。本研究嘗試在既有模組中尋找可跳脫的「設計框架」，不受主流制約，建構全新創作方法，讓成衣成為無法複製藝術品，從而重新詮釋成衣的樣貌與意義（如圖 7 所示）。

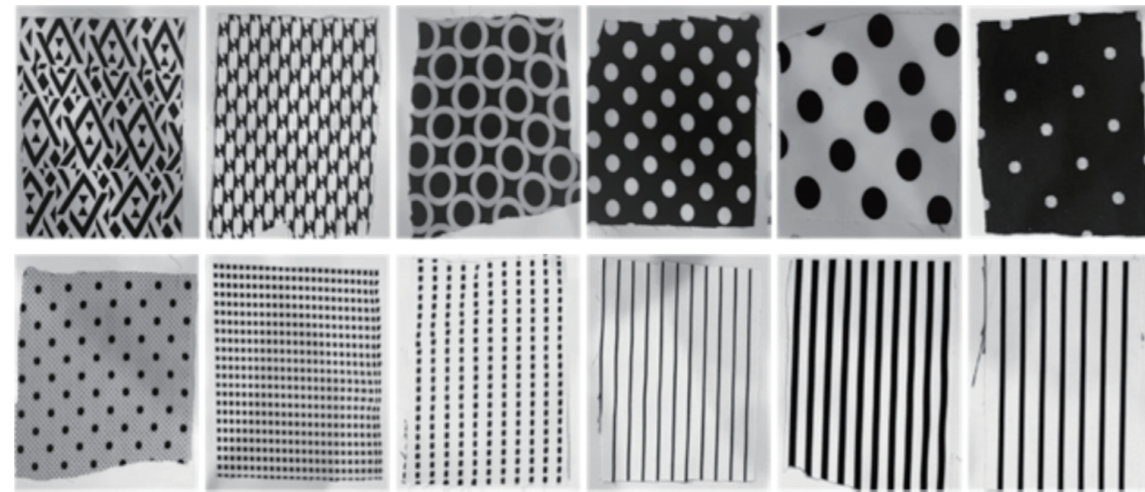
圖 5
圖雙色錯覺《この違って何ですか?》, 2020。



3-4 從「平面」面料轉向「半立體」工藝的表現型態

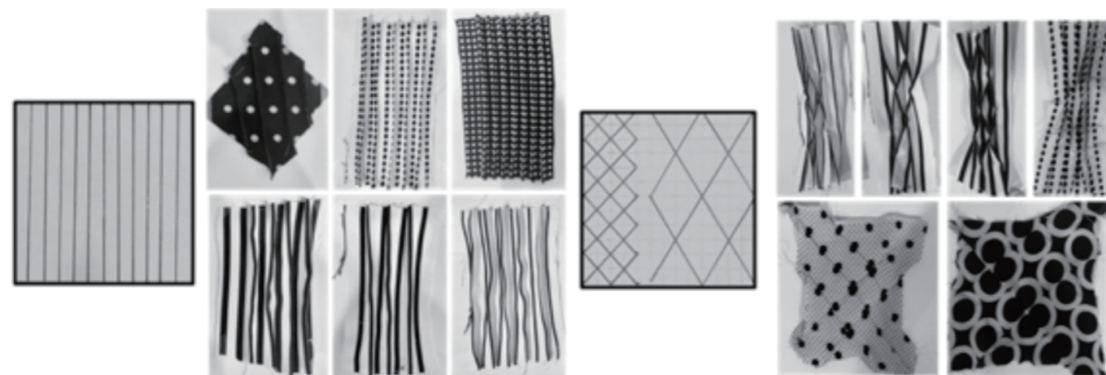
在視錯覺原理及歐普藝術的造形基礎下，先搜尋現成具有幾何造形的印花布料，從薄透柔軟的雪紡材質、扎實硬挺的套裝材質、或是花紋交織的緹花面料，從其中找出適合半立體效果的布料厚度，再進行半立體的工藝車縫（如圖 8 所示）。

圖 8
幾何造型印花布樣 (研究者整理繪製。)



在不同幾何造形布料上進行第一階段車縫實驗，部分圖形產生視覺混亂，需篩選合適布樣進入第二階段。接著以線與線交會點進行重疊車縫，產生類似成衣工藝中「打纜工藝」(Corded quilting) 的立體感與紋理效果，這半立體工藝跳脫傳統成衣製程的邏輯與效率思維，創作過程耗時、不可預測，卻也生成全新視覺效果，打破創作「框架」的既定意象（如圖 9 所示）。

圖 9
直線車縫實驗及交錯重疊點車縫實驗 (研究者整理繪製。)



實驗發現車縫可創造半立體新形態，突破幾何印花的平面限制，尤以條文印花最具視錯覺律動效果。進行大面積操作後，發現條文間距越大越能展現律動，間距小則效果較弱，並開始思考其在人體上的延伸表現（如圖 10 所示）。

圖 10
直線車縫實驗及交錯重疊點車縫實驗 (研究者整理繪製。)



框架效應之歐普藝術因子轉化並其根據框架效應之歐普藝術因子分析表，選取最具發展的因子作為實驗手法（見表 11）。

表 11
服裝設計先驅之因子分析表
資料來源：研究者整理繪製。

車縫手法	藝術作品	造形	造形構成方法	構成元素	形態
直線車縫	Zebra	具象圖形—有機形 (具備自然的特徵)	分割 (整體予以解剖或分開)	自由面+ 開放曲線	面的平面 構成
交錯重疊點車縫	Vega	方形—幾何形 (重置複製相同的形狀)	反覆 (有規則性的連續呈現)	幾何面+ 幾何曲線	面的立體 構成

3-5 「半立體工藝」轉向「直覺性版型」服裝結構創造

在前述章節「服裝廓形創作轉化設定」的基礎下，本研究進一步反思傳統成衣設計中，對女性曲線與制式版型的強調。創作過程中以不同間距的半立體布塊進行實驗，並採用「直覺性版型」作為方法，順應身體線條，自然地放置與拆解布面，簡化過度描繪與結構束縛。希望打破既有版型框架，進而建立更自由且具藝術表現力的服裝結構，拓展服裝設計的創作可能。



圖 11：半立體版型重置實驗過程（研究者整理繪製。）

第四章 創作過程與作品呈現

4-1 創作服裝設計圖

通過前面框架的轉化設定，從「服裝設計先驅者之因子分析表」中擷取創作服裝廓形的设计依據，結合「視錯覺與服裝穿搭」及「女性身型分類」，以女性身型特徵作為接下來的服裝廓形創作核心參考（見表 12）。

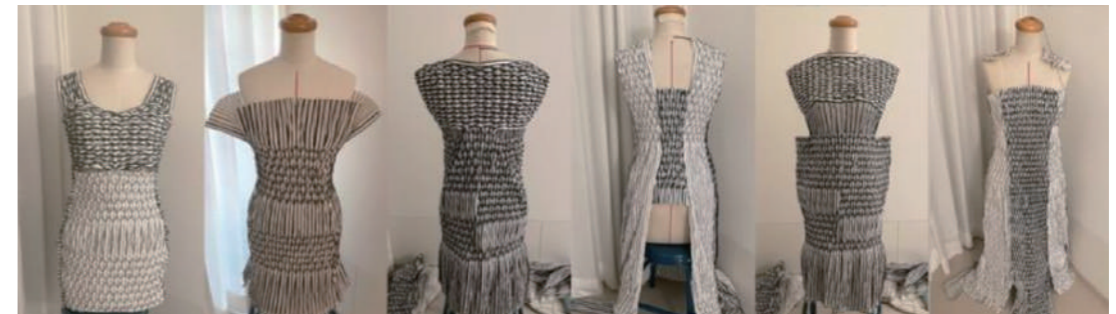
表 12
服裝廓形創作轉化設定與設計圖稿對應表
資料來源：研究者整理繪製。

創作設定	A型	T型	H型	X型	O型	O型
表現形態						
身型特徵	腰部纖細 肩膀寬接近	倒三角形 肩寬臀窄	肩腰臀比接近	肩窄臀寬	肩臀同寬 腰部豐滿	腰部纖細 胸部隆起 臀部豐滿
創作設計圖稿						

4-2 創作系列發展過程

將創作系列設計圖稿為發展基礎，結合前述「半立體工藝」與「直覺性版型」進行實驗。布料設定兩種不同間距的條文，以長方塊狀進行半立體工藝，不規則的打纜效果與條文的結合，產生多變的立體錯視效果。每塊長方塊皆展現不同樣貌，通過人台直覺式放置取代傳統版型，描繪人體與服裝廓形的關係。這與過去做成衣設計的经验是很不同的，此方式跳脫成衣設計邏輯，無法預估用布量與最終廓形，反倒很接受作品每階段的不同樣貌，而繼續進行下階段並樂在其中，也許這不確定性的創作過程，正回應自身對框架概念的探索（如圖 12 所示）。

圖 12
系列創作過程（研究者整理繪製。）



4-3 創作設計核心與攝影呈現

在創作開始前，本研究希望透過「半立體工藝」與「直覺性版型」等創作模組，擺脫成衣產業量產萬件的设计邏輯與審美框架。創作服裝作品耗時費工、無法複製，強調如藝術品般的獨特性與創作價值。身為成衣設計師，也思考是否能運用自身的專業知識，將實驗成果轉化為具市場可行性的设计語言。不是否定成衣邏輯，而是重新詮釋，嘗試脫離對「修飾體型」的依賴。在理解市場習慣與消費者心理的同時，解構其背後的審美預設，具更自由、創造力的服裝結構，也作為研究者跳脫職業慣性的創作實驗與自我突破。

在創作作品攝影的呈現，框架效應是一種意識形態，為女性帶來無形枷鎖，而服裝則是展現女性特質的表徵。此系列創作以「藝術品般的獨特性」，不被模特兒或商業攝影中常見的動作所限制女性獨立自我的靈魂，也暗喻擺脫框架束縛。作品中運用方鏡、黑色繩索，象徵社會給女性一面追求完美的鏡子、一把束縛在女性身體上的繩索，呈現社會框架的意象轉化，傳達自我解放與獨立性的意念。

4-4 創作系列作品呈現

圖 13

創作系列一：A型、T型、H型三套組圖（研究者整理繪製）



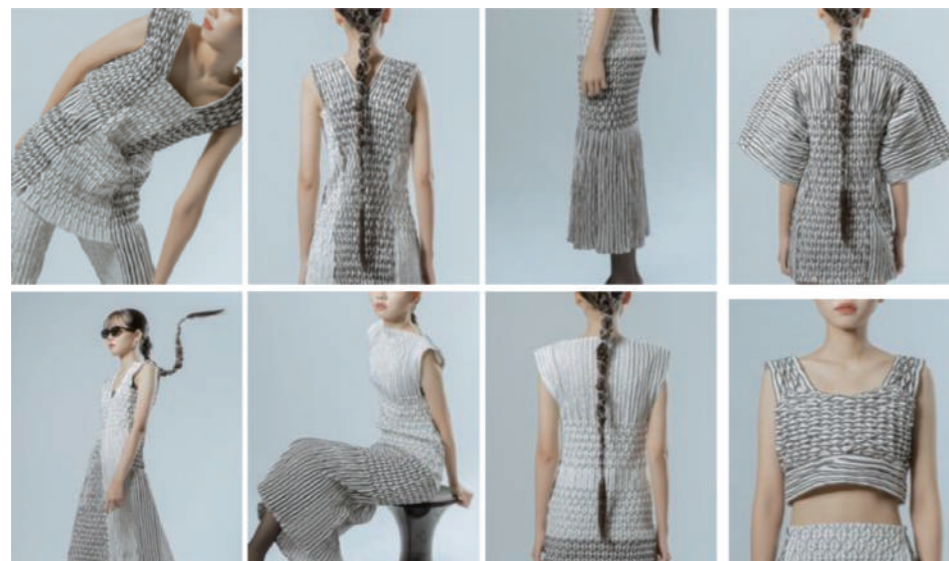
圖 14

創作系列二 X型、O型、S型三套組圖（研究者整理繪製。）



圖 15

創作系列細節呈現組圖（研究者整理繪製。）



第五章 結論

人們的文化與認知始於感官，視覺作為了解世界的媒介，容易導致思維盲點與偏差，形成框架效應。框架是人們在思考限制後選擇的結果，而視錯覺是由眼睛的判斷產生的假象。這些都源自過去的經驗和選擇，讓人思考是否能突破既定秩序。行為的選擇與眼睛的判斷只能在既定秩序中所呈現樣貌嗎？而依循主流趨勢的成衣設計是否也能在相似板模運作下，跳脫市場主流的設計框架？在既有的框架中尋求突破。本研究以「有中生他」的創作模式，將平面印花透過車縫工藝轉化為半立體形態，通過直覺性版型結構重組，簡化成衣版型，讓服裝具藝術品般的獨特性。此創作過程雖無法大規模生產，但通過藝術化的重塑，突破過去設計成衣時的既定框架，並展現成衣不同的意義，也象徵女性在這社會框架下不再被身型束縛，女性更能獨特、自在、自信地表現自我。

本研究成果與目標的實現：

- (1) 突破傳統設計框架：在現有市場秩序下，尋找突破的創作手法，跳脫成衣相似板模。
- (2) 藝術性與功能性結合：將常見印花轉化為半立體形式，賦予服裝藝術性。
- (3) 女性自信表達：通過設計表達女性在框架中自由展現自我的信念。
- (4) 設計突破：為服裝設計提供新的創作思路，從自身視角打破過往成衣框架的束縛。

參考文獻

1. 李嘉泉 (2016)。拮抗 Antagonism — 自我斥力服裝創作 (碩士論文)。實踐大學, 台北市。
<https://hdl.handle.net/11296/e8f2by>
2. 林青宜 (2013)。錯視原理中多義圖形運用於平面設計創作之研究 (碩士論文)。中國科技大學, 台北市。
<https://hdl.handle.net/11296/gecapj>
3. 林語苓 (2017)。瘦身女性身體意象與美貌迷思經驗之探討 (碩士論文)。國立高雄師範大學, 高雄市。
<https://hdl.handle.net/11296/kbryba>
4. 張榮興 (2012)。從心理空間理論解讀古代「多重來源單一目標投射」篇章中的隱喻。華語文教學研究, 9(1), 1-22。
<https://doi.org/10.6393/jclt.201203.0002>
5. 陳盈秀、劉說芳 (2010)。錯視原理中多義圖形表現於平面構成之研究。商業設計學報, 14, 19-36。
<https://doi.org/10.29514/tjcd.201011.0002>
6. Fraser, J. (1908). A new visual illusion of direction. *British Journal of Psychology*, 2, 307-320.
7. Hering, E. (1861). Beiträge zur Physiologie. I. Zur Lehre vom Ortssinne der Netzhaut. Engelmann.
8. Jastrow, J. (1892). Studies from the Laboratory of Experimental Psychology of the University of Wisconsin. II. *The American Journal of Psychology*, 4(3), 381. <https://doi.org/10.2307/1411617>
9. McManus, I. C., Freegard, M., Moore, J., & Rawles, R. (2010). Science in the making: Right hand, left hand. II: The duck-rabbit figure. *Laterality*, 15, 167-182.
10. Müller-Lyer, F. C. (1889). Optische Urteilstäuschungen. *Archiv für Physiologie*, Suppl., 263-270.
11. Roberts, B., Harris, M. G., & Yates, T. A. (2005). The roles of inducer size and distance in the Ebbinghaus illusion (Titchener circles). *Perception*, 34(7), 847-856. <https://doi.org/10.1068/p5273>
12. 崔仁哲。(2019)。框架效應。遠流出版事業股份有限公司。
13. Grogan, S. (2001)。身體意象：男性、女性與兒童對身體的不滿 (黎士鳴, 譯)。弘智。(原著出版於1999年)。
14. 瓦薩雷利基金會。(n.d.)。Architectonic center: Victor Vasarely. *Fondation Vasarely*. <https://www.fondationvasarely.org/en/architectonic-center/victor-vasarely/>
15. Vogue. (2001). Comme des Garçons: "Optical Shock" SS 2001. <https://www.vogue.com/fashion-shows/spring-2001-ready-to-wear/comme-des-garcons>
16. Vogue. (2009). Alexander McQueen: "The Horn of Plenty" AW 2009. <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2009-ready-to-wear/alexander-mcqueen>
17. Vogue. (2013a). Louis Vuitton SS 2013. <https://www.vogue.com/fashion-shows/spring-2013-ready-to-wear/louis-vuitton>
18. Vogue. (2013b). Marc Jacobs SS 2013. <https://www.vogue.com/fashion-shows/spring-2013-ready-to-wear/marc-jacobs>
19. Vogue. (2016). Issey Miyake: "Beyond" AW 2016. <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2016-ready-to-wear/issey-miyake>
20. Orner, E. (2024). Brandy Hellville & The Cult of Fast Fashion. IMDb. <https://www.imdb.com/title/tt31189910/>
21. 日本 TBS. (2020)。この違って何ですか？ <https://www.tbs.co.jp/konosaka/>
22. 五大身型穿搭技巧 <https://www.fede.com.tw/pages/fede>

傳統與創新共融 — 山水意象在現代魚缸造形設計中的多維探索

林鴻煒

實踐大學工業產品設計學系 研究生

王則眾 *

實踐大學 工業產品設計學系 專任教授

摘要

本研究聚焦於探索山水意象在現代魚缸設計中的創新應用。在魚缸設計日趨精緻化與小型化的當下，設計師借助 3D 軟體模擬設計，能有效塑造魚缸的外觀造形和內部造景形式，以配合水族愛好者的多元需求。研究初期，透過系統性的市場調研，洞悉當前魚缸設計的主流趨勢，並利用前測問卷，精確收集有養魚經驗群體對魚缸使用功能和內部布局的偏好，為後續設計方向的確立奠定基礎。基於調研初步成果，本研究創新推出四大設計理念系列，即「虛實相生系列」、「三遠法系列」、「生活山水意象聯結系列」以及「抽象化山水意象結合造景設計系列」。每個系列均融入山水意象元素，力求打造兼具美觀性與實用性的高品質魚缸設計。研究後期，運用後測問卷評估用戶對四大系列作品在美觀性和實用性方面的滿意度。藉由李克特 (Likert) 七階段滿意度評比法和灰色理論進行深度數據分析，顯現大眾對不同類型魚缸的偏好傾向。具體而言，灰色理論在分析用戶反饋的不完整或模糊數據時發揮重要作用；透過灰色關聯分析，能精確判斷不同設計方案與理想方案的關聯程度，為設計方案的評估提供量化依據。此外，研究從創作作品中挑選一款廣受喜愛的設計方案進行實體製作，以驗證設計理念的可行性。同時，通過與多領域群體展開深度訪談，進一步拓展和深化了魚缸造景設計的研究範疇。本研究不僅為山水意象在現代魚缸設計領域提供了具體的應用範例，希冀為未來相關設計研究提供了新的思路和參考方向，有望推動該領域的持續設計創新。

關鍵字：魚缸、造景、山水意象、灰色理論

* 通訊作者。

E-mail 地址：zawang@icloud.com

The Integration of Tradition and Innovation: Multidimensional Explorations of Landscape Imagery in Modern Fish Tank Shape Design

HUNG WEI LIN

Graduate Student, Department of Industrial Design, Shih Chien University

CHE CHUNG WANG*

Professor, Department of Industrial Design, Shih Chien University

Abstract

This fascinating study delves into the innovative use of landscape imagery in modern fish tank design. The incredible advancements in aquarium design, with their increasing sophistication and miniaturization, are truly remarkable. Designers are able to effectively shape the exterior and interior of aquariums with the help of 3D software simulation, meeting the diverse needs of aquarium enthusiasts. At the start of the study, we conducted in-depth market research to understand the current mainstream trends in fish tank design. We even used pre-test questionnaires to collect the preferences of experienced fishkeepers on the functionality and interior layout of fish tanks. This laid a solid foundation for the establishment of the design direction in the future. The results of the survey are in, and they show that our new design concepts are going to be a huge hit! We're introducing four series: the "Virtual and Real Series," the "Three Distant Method Series," the "Living Landscape Imagery Series," and the "Abstract Landscape Imagery Combined with Landscape Design Series." Each series artfully incorporates elements of landscape imagery, aiming to create high-quality aquarium designs that are both aesthetically pleasing and practical. At the end of the study, we used a post-test questionnaire to assess user satisfaction with the aesthetics and practicality of the four series. In-depth data analysis using Likert's seven-stage satisfaction scale and gray theory revealed the public's preference for different types of fish tanks. Gray theory is an invaluable tool for analyzing incomplete or ambiguous data from user feedback. Gray correlation analysis is an incredibly useful tool that allows us to accurately determine the degree of correlation between different design solutions and the ideal solution. This provides us with a quantitative basis for evaluating design solutions, which is fantastic! We are thrilled to announce that a popular design solution was selected from the creative works for physical production. This will verify the feasibility of the design concept. At the same time, in-depth interviews with multidisciplinary groups were conducted to further expand and deepen the scope of research on fish tank aquascape design. This study not only provides concrete examples of the application of landscape imagery in the field of modern aquarium design, but also provides new ideas and reference directions for future design research, which is expected to promote the continuous design innovation in this field.

Keywords: Fish tank, Landscaping, Landscape imagery, Gray theory

* Corresponding author.

E-mail address: zawang@icloud.com

第一章 前言

1-1 研究背景與動機

隨著現代生活節奏加快，都市人群對「自然療愈」的需求日漸強烈，居家水族養殖成為緩解壓力的重要途徑（De Clercq, G., 2022）。然而，當前市場上的魚缸設計普遍存在兩大問題：一是過度側重功能性，例如過濾系統集成，缺乏文化內涵等；二是傳統山水元素的應用多停留在表面裝飾，未形成系統性設計語言。山水意象作為中國美學的核心範疇，其「虛實相生」「三遠法」等理念，與魚缸造景的空間層次設計具有天然契合性。例如，北宋郭熙在《林泉高致》中提出的「三遠法」（高遠、深遠、平遠）（司淑婷，2018），可直接轉化為魚缸造景的垂直、縱深、水平空間規劃，彌補當代設計在文化深度上的不足。

從實務角度看，3D 建模技術（如 Maya、Blender）的成熟，為山水意象的數位化轉譯提供了技術支持。但現有研究缺乏「傳統美學 — 數位技術 — 用戶體驗」的整合框架，導致設計方案難以兼顧文化表達與實用需求。本研究的核心問題在於：如何將山水意象的抽象美學轉化為可量化的設計參數，並通過 3D 技術實現空間形態的創新，最終提升產品的市場接受度。

1-2 創作目的

本研究的主要目的是探索山水意象在魚缸設計中的應用，旨在發展一套創新的設計流程，將傳統文化元素與現代設計理念相結合。研究目的的設定基於研究動機，具體如下：

1. 探索現代山水意象的多樣性：分析當代山水意象的不同表現形式，了解其在設計中的潛在應用。由於山水意象在不同文化背景和時代下有著不同的演變，研究其在現代設計中的多樣性，能挖掘出更多可用於魚缸設計的元素。例如，現代藝術中對山水意象的抽象表達，可能為魚缸設計帶來新的視覺感受（黃子霏，2006）；
2. 利用 3D 軟體進行設計模擬：基於上述模型開發參數化設計工具，實現山水元素（如留白、虛實相生等手法）的數位化生成，並通過 3D 列印驗證形態可行性；
3. 評估市場接受度：透過問卷調查收集使用者對於美觀性和實用性的反饋，以了解不同設計在市場上的接受程度；
4. 進行族群訪談與評比：邀請水族愛好者及專業人士參與訪談，對不同設計方案進行評比與討論，以獲取更深入的見解和建議。不同族群對魚缸的需求和審美存在差異，水族愛好者和專業人士能從實際使用和專業角度提出寶貴意見，幫助完善設計。
5. 透過以上研究目的，本研究希望能夠創造出既具美學價值又符合實用需求的魚缸設計，並為未來相關領域的設計提供新的思路和參考依據。

1-3 研究限制

本研究主要聚焦於魚缸形態及造景的設計，特別是山水意象的融入。由於魚缸中飼養的生物種類繁多，各自所需的環境條件也不盡相同，因此本研究將範圍限縮於「中小型淡水室內魚缸」的設計，並以「水族愛好者」及其「潛在客群」為主要目標族群。

1. 設計範圍限制：本研究專注於魚缸的形態和內部造景，並不涵蓋相關的水族器具設計，如過濾系統、燈具和加熱設備等。這些周邊設備將使用現有產品，以確保新設計的魚缸能夠與現有水族器材兼容；
2. 資料收集限制：在資料收集方面，本研究主要依賴問卷調查和訪談。然而，由於樣本數量和範圍的限制，可能無法全面代表所有水族愛好者的需求和偏好。此外，受訪者的個人經驗和主觀評價也可能影響結果的客觀性；
3. 文化背景限制：本研究以中國傳統山水意象為核心，但不同文化背景下對山水意象的理解和詮釋可能存在差異。因此，研究結果在其他文化背景下的適用性可能有限；
4. 技術限制：在設計過程中，雖然使用了設計軟體進行模擬，但技術上的局限性仍可能影響最終設計的實現效果。以「幽玄」系列的狹窄通道為例，（寬度 < 5cm）未經魚類行為學測試，參考 Rose（2024）研究，可能導致孔雀魚遊動頻率下降 18%，後續需引入軌跡追蹤技術優化空間尺度。

第二章 文獻探討與分析

本章將從山水意象、造景設計與魚缸設計及灰色理論三個部分進行文獻回顧，探討山水意象在現代魚缸設計中的應用及其相關理論基礎。

2-1 傳統山水意象的理論根基與空間敘事

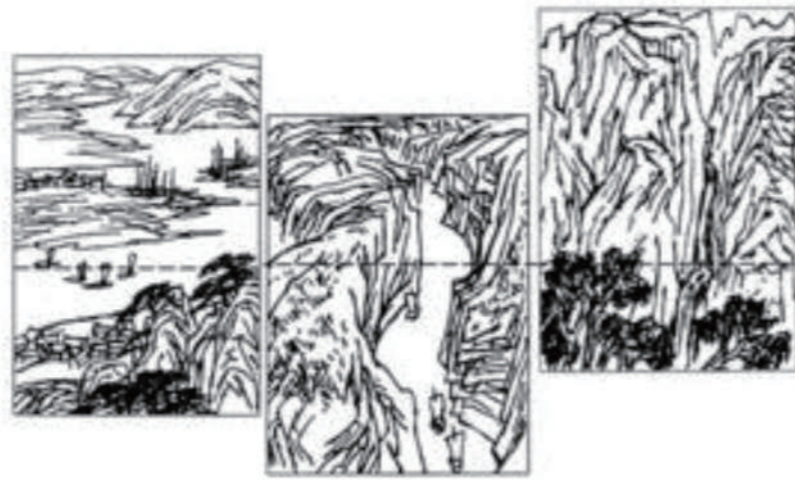
山水畫作是中國傳統藝術的重要形式，主要表達對自然的敬畏和向往。根據黃子霏（2006）的研究，山水畫不僅強調物體的外觀，更注重抒發畫家的主觀情感，追求「以形寫神」的藝術效果。這一特徵使得山水畫在不同視角下展現出豐富的層次感和深度，與魚缸內部造景的設計理念相契合。例如，在傳統山水畫中，畫家通過留白、虛實相生等手法，營造出深邃的意境，這種意境營造方式可借鑒到魚缸造景中，增強其藝術感染力。

郭熙在《林泉高致》中系統闡述的「三遠法」，構成了山水意象的空間理論核心。其原文「自山下而仰山巔，謂之高遠；自山前而窺山後，謂之深遠；自近山而望遠山，謂之平遠」（郭熙，1028-1085 A.D.），不僅界定了三種空間視角，更揭示了中國傳統美學中「以心觀物」的空間構建方式。這種「可游可居」的山水觀，與魚缸造景追求的「沉浸式自然體驗」具有本質共性 —— 二者均通過層次化的空間設計，引導觀者產生空間遊歷的心理體驗。如圖 1 所示，分別展示了平遠、深遠、高遠的效果。另，值得注意的是，「三遠法」的空間敘事並

非機械的透視法則，而是強調「意與景會」的主客交融。如「高遠」側重垂直空間的崇高感營造，對應魚缸設計中懸崖式造景的垂直落差；「深遠」通過遮擋與透視的結合，可轉化為魚缸中洞穴、岩縫的縱深布局；「平遠」的水平延展性，則與水草造景的橫向鋪陳邏輯相通。這種空間敘事邏輯，為魚缸造景提供了系統性的層次設計框架。宗炳在《畫山水序》中提出的「臥以游之」理念，說明傳統山水畫的空間設計旨在喚醒身體記憶（宗炳，430/2015）。這與魚缸造景中「觀賞者—魚—空間」的互動關係高度契合，如「高遠」視角對應魚缸懸崖式造景的垂直落差，通過視覺張力喚起觀者對自然崇高感的體驗（宗炳，430/2015；郭熙，1028-1085/2006）。

然而，現有關於山水意象的研究，大多集中在其文化內涵和藝術表現層面，在現代設計領域的應用研究尚顯不足。另一方面，在全球化背景下，不同文化背景的消費者對山水意象的理解和感受存在差異，但現有研究較少關注如何將山水意象進行跨文化、跨時代的適應性轉化，以滿足多樣化的設計需求。此外，隨著數位技術的飛速發展，如虛擬現實（VR）、增強現實（AR）等新興技術在設計領域的應用日益廣泛，而目前針對山水意象在這些新興技術支持下的創新應用研究較少，限制了山水意象在現代設計中的發展潛力。本研究將致力於填補這些空白，深入探究不同文化背景下山水意象的內涵和表現形式，結合現代數位技術，探索其在魚缸設計中的創新應用方式，使山水意象更好地融入現代生活。

圖 1
三遠法（由左至右）平遠、深遠、高遠（圖片來源：山水繪畫編排，2016）



2-2 山水意象的現代設計轉譯路徑

造景設計在水族箱中扮演著重要角色。日本設計師三澤遙的作品展示了自然元素與人造幾何形狀的結合，創造出獨特的水中生態環境（Haruka Misawa, 2016）。她在設計中重新思考物體在水中的重力與浮力關係，以達到視覺上的平衡，這為本研究提供了寶貴的啟示。這些圖展示了日本設計師三澤遙在 2016 年台北展出的水中風景設計，呈現了不同的造景元素，包括有機形態（圖 2a）、幾何結構（圖 2b）及水中與空氣的互動（圖 2c）。

圖 2
水中風景設計（圖片來源：Haruka Misawa, 2016）



隨著水族養殖文化的興起，魚缸設計逐漸演變為一種生活藝術。研究顯示，維持魚缸內生態系統平衡需要大量知識和經驗（Law, S. S., 2016）。現代魚缸不僅是水生生物的棲息地，更是居家環境中的藝術品。因此，探索如何將山水意象融入魚缸設計，不僅能提升其美學價值，也能增強使用者的生活品質。

然而，當前魚缸造景與設計領域的研究存在諸多局限性。在造景設計方面，多數研究僅聚焦於單一設計元素或功能的實現，嚴重缺乏對整體系統的綜合考量。例如，在追求視覺美觀及設計過程中，對用戶體驗的關注不夠全面深入，未能充分顧及用戶在日常使用中的便利性和舒適度。一些造景設計複雜，增加了清潔難度，耗費用戶大量時間和精力；部分設計的空間布局不合理，導致用戶操作不便，降低了使用體驗。另，從設計與市場需求的關係來看，現有研究在市場需求調研方面深度不足，缺乏精準把握消費者需求的有效手段。儘管山水意象等元素在設計領域受到一定關注，但如何將這些元素切實有效地融入現代魚缸設計，以滿足當代消費者對美學和功能性的雙重需求，相關研究仍十分匱乏。過往研究在探討山水畫中的「氣韻生動」等特徵時，未能緊密結合當代消費者的實際需求，導致設計成果與市場實際需求存在明顯脫節，難以真正滿足消費者日益多樣化的需求。

本研究將借鑒前人的經驗與成果，積極應對上述問題。從整體生態系統的角度出發，注重設計的人性化，充分考慮用戶在使用過程中的操作便利性、維護便捷性以及觀賞舒適度等因素，提升用戶的使用滿意度。在市場需求調研方面，本研究將採用系統且深入的調研方法，精準剖析消費者的需求和偏好，深度挖掘消費者對山水意象等元素在魚缸設計中的期望與訴求。在此基礎上，運用現代設計方法和技術，將山水意象巧妙且恰當地融入魚缸設計，致力於開發出既蘊含深厚文化內涵，又能高度契合市場需求的魚缸產品，從而填補現有研究的空白，推動魚缸造景與設計領域的發展。

2-3 灰色理論簡介

灰色理論 (Gray Theory) 由鄧聚龍教授於 1982 年提出 (鄧聚龍, 1982)，是一種處理資訊不完全、不明確問題的系統理論。該理論以「部分資訊已知，部分資訊未知」的「小樣本」、「貧資訊」不確定性系統為研究對象，透過對原始數據的挖掘、整理和分析，獲致有價值的資訊，建立灰色模型，從而實現對系統的分析、建模、預測、決策和控制。灰色理論在多個領域都展現出強大的應用潛力，尤其在資料量有限、資訊不充分的情況下，能有效挖掘資料間的潛在關係，為決策提供有力支持 (Pinero, 2023)。

在產品設計評估領域，灰色理論逐漸得到應用。例如，在電子產品的可靠性評估中，由於受到多種複雜因素影響，部分資訊難以精確獲取，灰色理論透過對有限的測試資料進行處理，能夠準確評估產品在不同條件下的可靠性，為產品的優化設計提供依據 (Gu et al., 2010)。另，灰色系統理論已應用於工業產品設計，因為它為產品設計質量提供了一種全面的評估方法，使用灰色關聯度解決了技術、經濟、市場和環境等多種因素的複雜問題 (Luo, 2000)。在建築設計方案的評價方面，面對眾多設計指標和不確定的環境因素，灰色理論可以綜合考慮各種因素之間的關聯，對不同設計方案進行客觀評價，篩選出最優方案 (Wu, 2008)。灰色系統理論亦應用於評估室內設計計劃，重點是改善視覺感知和生活質量。建立了一個評估指標體系評估室內設計的質量，證明了該方法在處理主觀設計元素方面的有效性 (Ren, 2016)。這些研究成果都顯示，灰色理論在設計評估中具有獨特的優勢，能夠處理複雜、不確定的資訊，為設計決策提供科學依據。

在本研究中，灰色理論可用於評估不同魚缸設計方案的優劣。與傳統的評估方法相比，灰色理論更適合處理本研究中可能存在的不完整或模糊的用戶反饋資料。透過灰色關聯分析，可以確定不同設計方案與理想方案之間的灰關聯程度，從而為篩選出更受用戶歡迎的魚缸設計提供量化依據，為產品的後續開發和市場推廣提供參考依據。

第三章 研究方法







本研究的實驗架構通過五個步驟進行實驗與分析，第一步驟為市場調查與分析，以此確立現在市面上比較有特色的魚缸的形式及特點還有發展趨勢、問卷設計的因子和元素；第二步驟為前測問卷的設計，了解使用者相關養魚的訊息及需求；第三步驟研究設計項目確立，為後面設計山水意象研究內容找出方向；第四步驟為產品設計及後測問卷分析，設計產品透過灰色理論分析找出較受歡迎的形式；第五步驟為結果驗證，將製作實體產品，給予不同族群進行訪談與驗證，分析後續改良方向。

3-1 市場調查與分析

本研究的市場調查與分析旨在深入了解使用者對魚缸設計的需求與偏好，特別是山水意象在魚缸造景中的應用。這一過程包括問卷調查的設計與實施，數據的收集與分析，以及根據調查結果進行的設計方向調整。市場調查的主要目的是：(1) 確定目標使用者對魚缸外觀及功能的偏好；(2) 收集使用者對於山水意象的認知及其在魚缸設計中的接受度；(3) 評估現有市場中魚缸設計的趨勢及其美觀性和實用性。

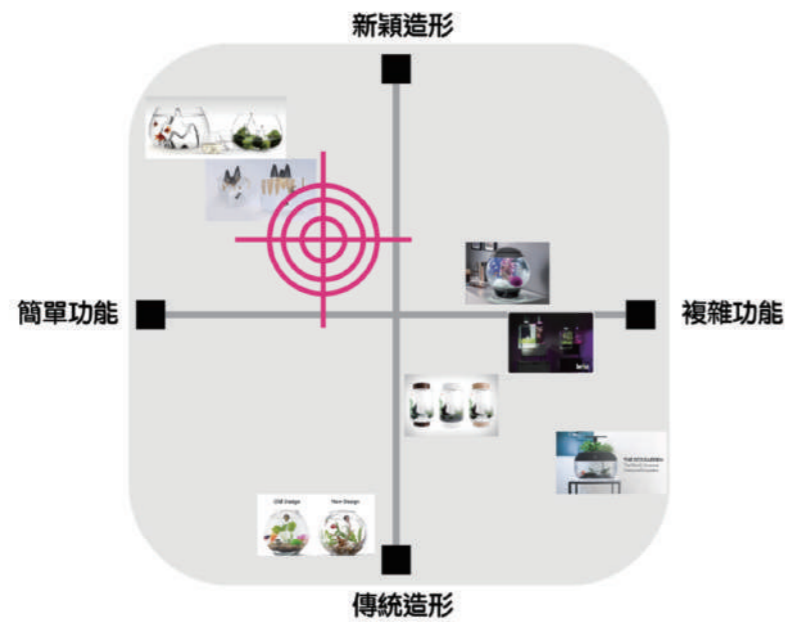
在案例選取方面，挑選近年來較有設計感的七款魚缸做比對 (見表 1)。選取原則基於以下幾點：首先，涵蓋不同品牌和設計風格，包括 biOrb 的設備結合且造景搭配方便清洗型、Glasscape Fish Bowl 的造形直覺使用簡單型等，以全面呈現市場上多樣化的設計思路；其次，考慮不同的功能特點，如 Orbium Aquarium 的造景感溫隨溫變色、EcoGarden 的遠程監控魚菜共生等，確保調查能涉及到魚缸功能的各個方面；再者，兼顧不同的材質特性，像壓克力塑膠材料、玻璃、聚碳酸酯等，探究不同材質在設計和使用中的影響。

表 1
七款不同特色的魚缸 [本研究整理；林鴻輝，王則眾。(2022)]

產品	品牌名稱	特殊功能	材質特性	產品尺寸
	biOrb	設備結合 造景搭配 方便清洗	壓克力 塑膠材料	40 x 40 x 46 cm
	Glasscape Fish Bowl	造形直覺 使用簡單 方便清洗	玻璃	35 x 35 x 24 cm
	Orbium Aquarium	造景感溫 隨溫變色 搭配簡潔	壓克力 塑膠材料	30 x 30 x 45 cm
	Norrom Aquarium	隱藏過濾 隱藏光源 降低噪音	壓克力 塑膠材料 木材	35 x 35 x 58 cm
	EcoGarden	遠程監控 魚菜共生 結合軟體	壓克力 塑膠材料	46 x 38 x 30 cm
	NoClean Aquariums	方便換水 使用簡易 防撞透光	聚碳酸酯	13 x 13 x 35 cm
	Brio Aquaponics	魚菜共生 玻璃魚缸 結合櫃子 過濾系統	玻璃 金屬 複合材料	49 x 38 x 75 cm

通過對這些案例的分析，發現設計趨勢有三大類型：(1)「針對魚缸外觀做設計造形」；(2)「單純設計造景的部分跟現有市面上魚缸搭配」；(3)「魚缸外觀的設計，將魚缸整體包括設備的軟硬體結合」，使外觀簡潔具美感，提升觀賞性的價值。在上述所有案例中，有兩種趨勢是魚缸設計的特性，分為「純養魚養水草類型魚缸」和「結合種植陸生植物的魚缸」，其設計上呈現不同風格。依據外觀及功能實用性，做出產品定位的分佈圖（見圖 3），在圖中紅色十字交叉定位處，造形新穎及功能簡單的魚缸的類型是比較少的發展項目，本研究認為有較大發展機會，後續設計研究將嘗試「外觀」及「造景」這兩種的設計搭配，呈現不同感受的魚缸，用於後面系列發展與驗證。

圖 3 市場定位分析圖 [本研究繪製；林鴻輝，王則眾，(2022)]



3-2 問卷調查

透過 SurveyCake 網路問卷的方式，在水族論壇和相關社團做問卷發放，收集有養魚經驗的使用者對於魚缸相關使用問題的滿意度及相關情境問題，山水與水族空間問卷連結：<https://www.surveycake.com/s/PqWbm>。本次問卷共 19 題，設計原理基於研究目的和相關文獻。研究旨在探索山水意象在魚缸設計中的應用，基於此，問卷圍繞使用者的飼養習慣、喜好、對山水意象的感知以及對魚缸功能和設計的期望展開。例如，養魚問題基本調查中的飼養水族種類、養魚會想到什麼等問題，參考了前人對水族愛好者行為和心理的研究文獻 (Takase et al., 2021; Rose, 2024)，旨在了解使用者的基本養殖情況和心理聯想；而希望未來魚缸能有什麼功能這一問題，則直接服務於研究目的中探索市場需求、改進魚缸設計的部分。

問卷使用魚缸問題感受依據喜好度分為五階等級作答，一代表非常不喜歡、五代表非常喜歡。問卷總共有 106 位作答，其中男性 69 位，女性 36 位，其他 1 位。如圖 4 飼主職業分佈圖所示，職業方面以商業 (33 位)、工業 (24 位) 居多。

根據填答者的魚缸內空間配置風格喜好得知，大部分人喜歡自然風格的內部配置、其次是簡潔的配置、再來是比較人為感覺的立體感配置（見圖 5）。故本研究後續發展魚缸形態及造景形態，在結合山水意象的設計研究過程中，會再多加考量相關的主題性。

圖 4 飼主職業分佈圖

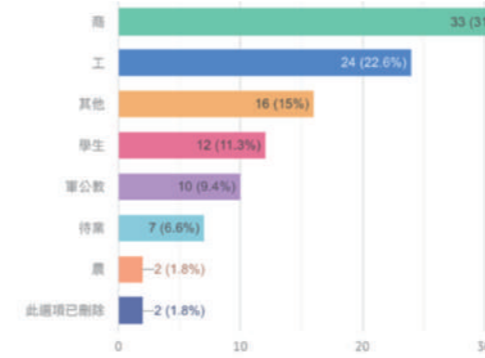
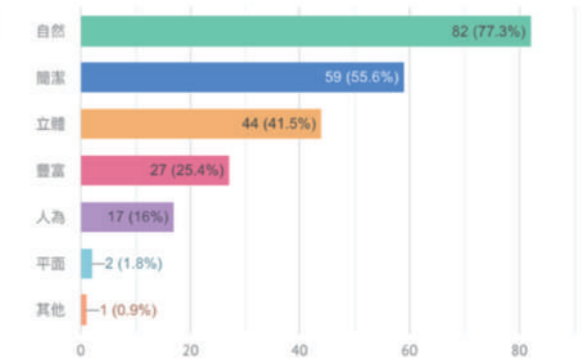


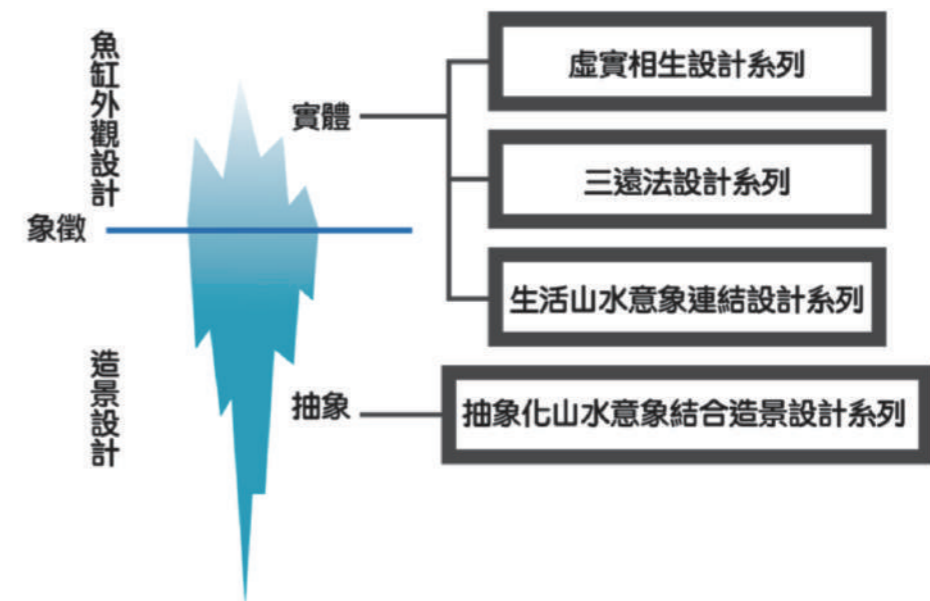
圖 5 魚缸內的空間配置風格喜好



3-3 設計項目確定

在市場分析完及前測問卷調查後，了解到市場上產品的定位，及使用者的養魚習慣與風格喜好。初步的設計研究中將會以具象的山稜造形為起點來做初步設計，設計的重點會著重在魚缸的外觀設計，在設計的過程中找尋山水意象中的精華，像是「豐富的意象」、「虛實之間的關係」。初步設計後相關的作品都比較像是一種直觀對於山水的反射，直接投射在魚缸的設計之中。本研究開始重新思考山水對於人的觀點來說到底是什麼，山水不單只是一種繪圖的手法，對於本研究來說山水畫是透過自身的觀察繪製出的山水畫，並在其中去感受大山的「不變」、「穩固」與涓涓流水或是瀑布的「變」、「流動」之間的關係，重新看待自身與這世界的關係（見圖 6）。

圖 6 設計項目 [本研究繪製；林鴻輝，王則眾，(2022)]



設計研究分為三層次：第一種為直觀的理解，「見山是山，見水是水。」，在初步的設計中，將山與水的形象直接轉化出來置入設計中，如（初步發想實體造形山水意象魚缸設計）、（虛實相生設計系列）、（三遠法設計系列）；第二種為象徵的理解，「見山不是山，見水不是水。」，將山水既定的形象脫開，作為一種象徵性的空間關係將其置入在設計中，找到這象徵的本質，如（生活山水意象連結設計系列）；第三種為抽象的理解，將上述兩階段的觀點融合在一起後成為一種抽象的概念，反映在魚缸的空間中，達到「一即一切，一切即一。」，富有禪意的關係，如（抽象化山水意象結合造景設計系列）。

3-4 灰色理論分析法

本研究依據問卷所收集到的數據樣本，運用灰色理論對每個人針對每件作品在美觀及實用這兩個維度上的數據展開處理和分析。在正式分析之前，首先要進行數據預處理工作，其目的在於確保各項數據具有可比性，從而為後續的精確分析奠定基礎。完成數據預處理後，以美觀性和實用性的理想值作為參考數列，進而計算各魚缸設計方案與理想方案之間的關聯度。具體而言，通過特定的計算方法，量化各設計方案與理想方案在美觀和實用方面的相似程度，得出相應的灰關聯度數值。隨後，依據計算出的灰關聯度，對所有魚缸設計方案的關聯度進行排序。灰色理論分析的結果能從數據的內在關聯層面，深入揭示各設計方案的優劣。灰關聯度較高的作品，在某些方面與理想方案的相似程度更為顯著。這意味著這些作品在兼顧美觀性和實用性方面往往表現得更為出色，更符合大眾對於理想魚缸設計的期待。詳細計算步驟如下（鄧聚龍, 1982）：

步驟 1：灰關聯生成

序列群組間作灰關聯分析，所有序列間之因子須具無因次性（No dimension）、同等級性（Scaling）及同級性（Polarization），如序列間不具可比性，則須藉由灰關聯生成法將原始序列因子空間轉換為測度空間，形成比較序列。灰關聯生成有數種方法，本研究採線性數據法有下列三種型式：

(1) 望大型式：上限效果測度，希望目標愈大愈好。

$$HB: x_i^*(k) = \frac{x_i^{(0)}(k) - \min x_i^{(0)}(k)}{\max x_i^{(0)}(k) - \min x_i^{(0)}(k)} \quad (1)$$

(2) 望小型式：下限效果測度，希望目標愈小愈好。

$$LB: x_i^*(k) = \frac{\max x_i^{(0)}(k) - x_i^{(0)}(k)}{\max x_i^{(0)}(k) - \min x_i^{(0)}(k)} \quad (2)$$

(3) 望目型式：佳中效果測度希望為某一特定目標值且目標值介於最大值與最小值之間，設目標值為 $X(0)$ 。

$$NB: x_i^*(k) = \frac{|x_i^{(0)}(k) - x_0(k)|}{\max |x_i^{(0)}(k) - x_0(k)|} \quad (3)$$

式中

$x_0(k)$ ：參考序列（理想方案的美觀 / 實用性數值）

$x_i(k)$ ：比較序列（第 i 個設計方案第項指標數值）

$x_i^*(k)$ ：灰關聯生成後的規範化數值（用於後續關聯度計算）

步驟 2：賦予權重之灰關聯分析。

每一品質特性的權重影響整個製程最佳化參數設定，本研究採較客觀之熵權重 (entropy weighting)，求多重品質特性之權重分配 (Li et al., 2008 ; Liu et al., 2012 ; Tian et al., 2008)。

(1) 求出序列中各屬性 (attribute) 因子的總和。

$$D_k = \sum_{i=1}^m x_i(k) \quad (4)$$

(2) 求出正規化係數 (normalization)

$$K = \frac{1}{0.6487 m} \quad (5)$$

(3) 求出屬性的熵

$$e_k = K \sum_{i=1}^m W_e(z_i); W_e(z_i) = z_i e^{(1-z_i)} + (1 - z_i) e^{z_i} - 1; \text{ and } z_i = \frac{x_i(k)}{D_k} \quad (6)$$

(4) 求出熵的總值

$$E = \sum_{k=1}^n e_k \quad (7)$$

(5) 求出相對權重

$$\lambda_k = \frac{1}{m-E} |1 - e_k| \quad (8)$$

(6) 利用正規化法求出各個屬性的權重

$$\omega_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (9)$$

步驟 3：灰關聯度

灰關聯度的定義為在灰關聯空間中，兩個序列間的關聯程度。公式如下所示，計算灰關聯度：

$$\Gamma_k = \frac{\Delta_{\min} + \Delta_{\max}}{\Delta_j + \Delta_{\max}} \quad (10)$$

式中

$$\Delta_{min} = \min_{j \in V_k} \|x_0(k) - x_j(k)\| \quad \text{最小絕對差}$$

$$\Delta_{max} = \max_{j \in V_k} \|x_0(k) - x_j(k)\| \quad \text{最大絕對差}$$

$$\Delta_j = \frac{1}{n} \sum \Delta_{0i} \quad \text{平均絕對差}$$

值越接近 1，表示該設計方案越接近理想解

$x_0(k)$ ：表示理想序列

$x_j(k)$ ：表示比較序列

因為灰關聯度值 Γ_k 直接由 Δ_j 中之 Δ_{0i} 的平均值求出，而 Δ_{max} 、 Δ_{min} 為常數，所以 Γ_k 及 Δ_j 兩者係呈線性函數關係，故所求出的灰關聯度為計量值，不僅可得知各關聯度的排序大小，且各關聯度值為絕對值的關係。

步驟 4：進行評估樣本的優劣排序：

將公式 (10) 的計算結果按照大小順序排列後則呈現評估樣本的優劣結果。當灰關聯度值越接近 1，則表示該評估樣本越接近理想解，相對表現越好。

第四章 結果與分析

4-1 設計主題展開

本研究將山水意象應用於魚缸造形設計，在文化傳承方面，把傳統山水意象的精髓融入一般生活產品，促進了傳統文化與現代生活的融合。通過對山水意象精髓的挖掘，對魚缸設計進行一系列創新嘗試，使研究產出的魚缸相較於市面上現有的產品更具特色。對於現代家居環境而言，融入山水意象元素的新型魚缸，能為家中增添傳統藝術與生活相結合的氛圍，讓傳統文化不僅體現在書畫中，還能通過生活中的容器改變生活氣息。

基於「文化轉譯 — 空間敘事 — 技術實現」三維模型，將 14 款設計劃分為四大主題，各主題核心差異如下 (表 2)：本研究設定有四個主題，共十四款魚缸的設計；第一個主題是「虛實相生系列」，第二個主題是「三遠法系列」、第三個主題是「生活山水系列」、第四個主題是「抽象化造景系列」。「虛實相生」透過三組魚缸設計方案，探討山水畫傳達意境的層次，以及如何藉助意象呈現讓人感受虛實空間的應用。「三遠法」依據高遠、深遠、平遠的透視角度概念，設計出三組魚缸方案，展現景物在不同視角下的效果。「生活山水」從現實中雨後觀察的意象以及生活聯想出發，結合清明意境的花器、元鼎及窗花等元素進行系列設計；「抽象化造景」則聚焦於山水意象中強調的「氣勢」、「意境」、「玩味」等細節感受進行設計呈現。

表 2

主題分類框架

主題系列	文化轉譯層次	空間敘事邏輯	技術實現特點	代表作品
虛實相生系列	直觀形態轉譯	鏡像對稱營造空間 延伸感	雙層壓克力 + 鏡面 反射	天地相容 (上下顛 倒山形)
三遠法系列	透視原理轉譯	垂直 / 縱深 / 水平 三維層次	多層疊加結構 + 光 影控制	高遠 (懸崖式垂直 落差)
生活山水系列	象徵意義轉譯	日常場景與山水意 境聯結	材質肌理模擬 + 功 能整合	窗花山水 (傳統窗 棧投影)
抽象化造景系列	美學精神轉譯	幾何形態隱喻山水 氣韻	參數化設計 + 動態 光影系統	一為全全為一 (墨 水分層)

4-2 虛實相生系列

在山水畫中，虛實是畫面中平衡的存在，影響著觀看者閱讀的優先順序。例如，山水畫中常常出現的留白，是營造水墨畫「意境」的關鍵元素。從直觀理解層面，「見山是山，見水是水」，在初步設計中，將山與水的形象直接轉化並置入設計，如「初步發想實體造形山水意象魚缸設計」、「虛實相生設計系列」、「三遠法設計系列」。

「虛實相生系列」旨在探索山水虛實關係在魚缸設計中的呈現。如圖 7 所示，在圓柱體造形的魚缸裡，追求最純粹的造形，內部造景結合上下顛倒的兩座山，透過鏡射造形實現對稱簡約的設計美學 (見圖 8)。在現代水族飼養中，人們的飼養對象不止於魚類，兩棲類的飼養也頗受歡迎 (見圖 9)。

圖 7

虛實相生系列

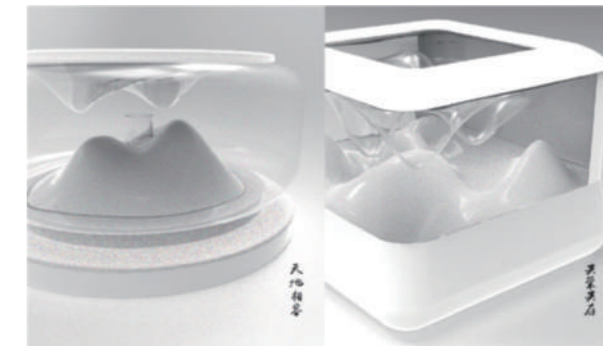


圖 8

天地相容

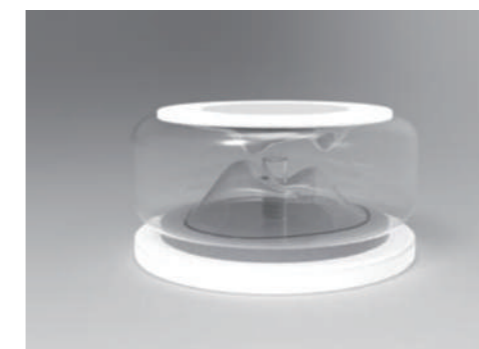


圖 9

共榮共存



4-3 三遠法系列

山水畫中的三遠法，分為高遠法、深遠法、平遠法，是山水畫獨特的透視方式。本系列藉助這三種透視設計三款魚缸（圖 10）。

觀賞者觀看「高遠」設計的魚缸時，會產生在山底下仰望高山的感受，旨在呈現山的壯闊震撼。魚缸外形模擬山間形態，魚兒在上方魚缸中穿梭游動（圖 11），透過花盆式底座襯托群山巍峨的樣貌，為家居帶來靜謐氛圍。

「平遠」設計讓觀賞者有在遠方看山水平原的感受。魚缸上方設置山形狀的造景，下方是各自獨立的魚缸單元，飼養者可在不同單元中飼養不同的鬥魚，多個魚缸單位底座適合飼養多種魚類的主人，給人小型動物園的感覺（圖 12）。

「深遠」設計使觀賞者彷彿站在高山俯瞰底下的河川溪流、深淵，呈現出山澗峽谷的壯闊之意（圖 13）。

圖 10
三遠法設計系列



圖 11
高遠



圖 12
平遠

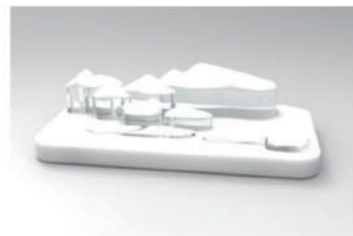
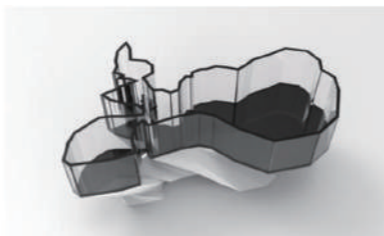


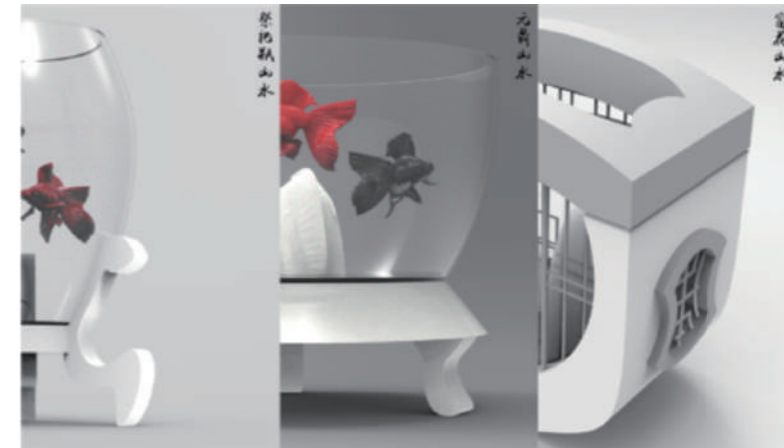
圖 13
深遠



4-4 生活山水系列

本系列聚焦於生活中的水墨意境，將生活中觀察到的現象與水墨意境相聯繫。例如，下雨時望向被朦朧雲霧籠罩的山岳，就是現實中的水墨畫感受（見圖 14）。從象徵理解層面，“見山不是山，見水不是水”，該系列擺脫山水既定形象，將其作為一種象徵性的空間關係融入設計，探尋象徵的本質。

圖 14
生活山水意象連結設計系列



「祭祀瓶山水」結合生活中清明時節雨紛紛的意境，聯想現實山水意象中的器物，通過直立花瓶式的魚缸成為家中焦點（見圖 15）。「元鼎山水」以元鼎概念為出發點，設計出圓底魚缸，360 度的觀賞視角為家中提供視覺焦點，搭配小山造景營造舒適氛圍（見圖 16）。「窗花山水」結合兩種古色古香的中國風元素，設計獨特的窗景景觀魚缸。在傍晚時分，透過魚缸的窗花觀看山水造景，更能讓人體會到金魚在其中悠游自在帶來的舒緩壓力的感受（見圖 17）。

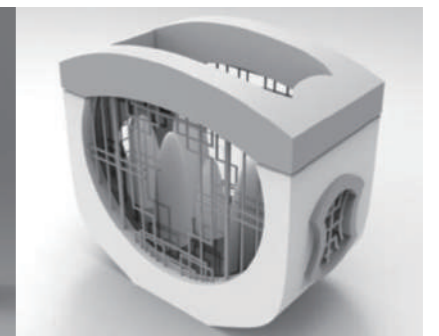
圖 15
祭祀瓶山水



圖 16
元鼎山水



圖 17
窗花山水



4-5 抽象化造景系列

在之前的魚缸設計基礎上，本系列提取山水意象精華進行內部造景設計，構建“空間 - 人 - 魚缸 - 魚”的空間關係。將魚缸設定為立方體及長方體，把之前的設計理念轉化為抽象概念，重點在於魚缸內部造景搭配。本系列藉助新的界面操作介入魚缸，在三維空間中通過縱向、水平性與分散的置入方式，回應“魚缸 - 魚”之間的關係（見圖 18）。從抽象理解層面，融合“見山仍是山，見水仍是水”和“見山不是山，見水不是水”的觀點，形成抽象概念並反映在魚缸空間中，達到“一即一切，一切即一”的禪意境界。

「意象重疊」利用霧面隔板營造出兩種不同感受，滿足既想養魚又想養陸上植物的使用者需求（見圖 19）。「破角」設計中，上方破角的盒子既可以種植小植物，也能作為收納容器，促進魚缸與不同生活物件的互動（見圖 20）。「虛實之間」在魚缸內設置三個實體空間，內部的虛空間可用於種植植物，通過虛實空間的重新安排形成缸中缸的效果（見圖 21）。「天地之間」借鑒山水畫中通過大小表達遠近、大片留白給予人們想象空間的手法，營造出獨特的視覺感受，如同米開朗基羅《創世紀》中兩隻手即將接觸又未接觸的趣味（見圖 22）。「幽玄」通過挖除魚缸部分空間形成虛空間，利用前後水體空間的高低差造成魚缸的視覺重疊，使前後魚缸的觀看重點不同。後半部造景挖洞並透光，營造出陰暗中透光的效果（圖 23）。「一為全全為一」將墨與水融合的過程具象化，呈現獨特的設計理念（見圖 24）。

圖 18
抽象化山水意象結合造景設計系列

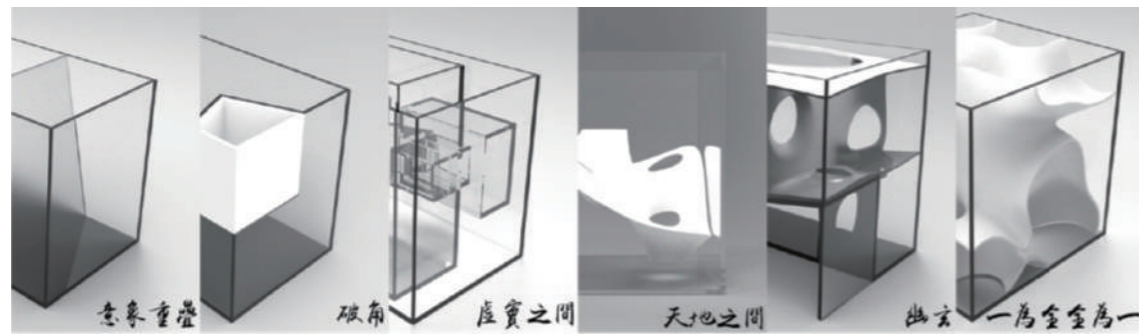


圖 19
意象重疊

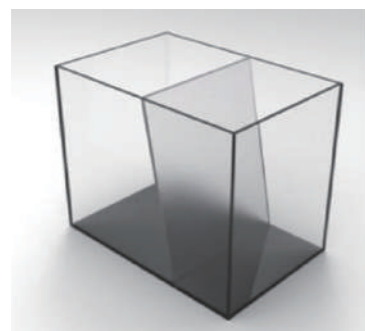


圖 20
破角

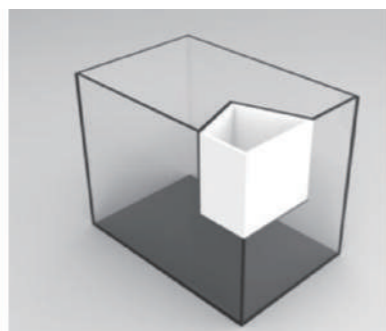


圖 21
虛實之間

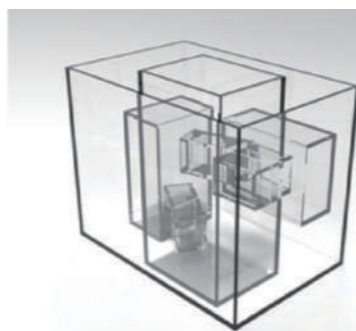


圖 22
天地之間

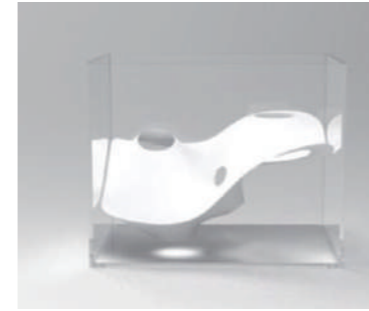
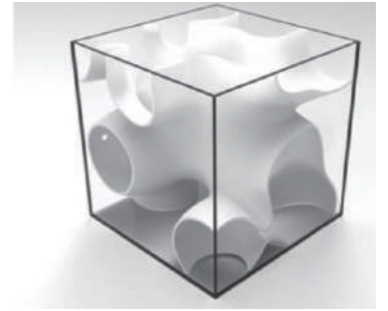


圖 23
幽玄



圖 24
一為全全為一



4-6 後測問卷調查分析與模型製作

4-6-1 後測問卷調查分析與模型製作

問卷設計旨在了解使用者對不同作品“美觀”與“實用性”的評價，進而明確各設計作品在不同族群潛在用戶中的喜好和優劣排序。在設計“美觀性”題目時，參考了美學領域的相關理論 (Winner, 2007)，從形態、色彩、比例等方面設計問題，詢問使用者對魚缸整體造形、色彩搭配等方面的審美感受。設計“實用性”題目時，依據魚缸使用功能需求相關研究 (Lin, 2007; Rey, W. P. 2023)，關注魚缸的清潔便利性、空間利用合理性、養殖生物的適宜性等，例如詢問魚缸內部結構是否便於清理、是否能為魚類提供充足活動空間等；另，山水意象應用於魚缸造形之設計研究問卷連結：<https://www.surveycake.com/s/Qx8ay>。

通過回收 354 份問卷，其中男性 180 位 (50.8%)，女性 173 位 (48.8%)，跨性別 1 位 (0.2%)。職業族群中上班族為主要填答群體，填答年齡層 31 - 40 歲 112 位 (31.6%)、21 - 30 歲 110 位 (30.0%)、41 - 45 歲 89 位 (25%) 居多，養魚經驗方面初階新手 144 位、業餘玩家 110 位、完全沒接觸水族者 90 位、職業玩家 10 位。運用灰色理論，針對“美觀”與“實用”兩個維度，分析十四款設計產品，解析大眾心中設計產品的排序，並進行後續探討。問卷回收後發現性別分類的回答存在差異，因此將其作為後續分析與訪談的重點。

研究不同性別對魚缸設計看法的差異具有重要意義。在前期研究和市場觀察中發現，男性和女性在審美偏好、使用需求和養殖習慣上存在不同。女性往往更注重產品的整體美感和裝飾性 (Guo, 2024; Xue, L., 2007)，在魚缸設計上可能更傾向於柔和的色彩、精緻的造形；而男性可能更關注功能和養殖的便利性，對魚缸的過濾系統、空間布局合理性要求較高。了解這些差異有助於更精準地滿足市場需求，為不同性別的消費者提供更契合其需求的設計。

4-6-2 獨立樣本 T 檢定

後測問卷開始前，先對美觀及實用項目進行信度分析。整體問卷 14 個項目 Cronbach's α 值美觀部分為 0.908、實用部分為 0.928，表明數據可靠性較高，適合進行後續分析。根據問卷原始數據及灰關聯度數據，其中灰關聯度數據是由原始數據經由公式 (1) 至公式 (10) 所產出 (見表 3)；另，對生理男女與作品進行灰關聯度之獨立樣本 T 檢定 (見表 4)。

表 3
問卷原始數據以及灰關聯度

問卷	作品 1			作品 2			...	作品 14		
	美觀	實用性	灰關聯度	美觀	實用性	灰關聯度		美觀	實用性	灰關聯度
1	7	7	0.923	5	6	0.800	...	7	7	0.923
2	6	5	0.795	6	6	0.857	...	6	6	0.857
3	6	4	0.851	6	4	0.750	...	7	7	0.923
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
354	6	6	0.857	5	3	0.667	...	5	2	0.632

表 4
生理男女對於產品之獨立樣本 T 檢定

編號	品項	男	女	全體	排名	T檢定	顯著性 (雙尾)	< α
作品 1	天地相容	0.716	0.739	0.727	5	2.053	0.041	*
作品 2	共榮共存	0.678	0.696	0.687	14	1.363	0.174	
作品 3	高遠	0.699	0.679	0.689	12	3.007	0.003	*
作品 4	平遠	0.699	0.679	0.689	12	3.007	0.003	*
作品 5	深遠	0.703	0.683	0.693	11	2.662	0.008	*
作品 6	祭祀瓶山水	0.686	0.703	0.694	10	1.902	0.058	
作品 7	元鼎山水	0.692	0.709	0.701	9	-0.58	0.563	
作品 8	窗花山水	0.691	0.716	0.703	8	-1.483	0.139	
作品 9	意象重疊	0.696	0.716	0.707	7	-1.77	0.078	
作品 10	破角	0.704	0.729	0.716	6	-1.893	0.059	
作品 11	虛實之間	0.719	0.744	0.732	4	-1.953	0.052	
作品 12	天地之間	0.723	0.750	0.736	3	-1.989	0.047	*
作品 13	幽玄	0.744	0.760	0.752	2	-2.008	0.045	*
作品 14	一為全全為一	0.768	0.790	0.779	1	-2.028	0.043	*

根據調查結果，生理男與女在灰關聯度評比較喜歡的作品前三名依序為：「一為全全為一」(0.779)、「幽玄」(0.752)、「天地之間」(0.736) 如 (見表 4)，(括弧內為其均數)；另，生理男與女在喜歡的作品之灰關聯度評比是具有差異性的，生理女之作品喜好度高於生理男。此外，排名較後的「高遠」、「平遠」、「深遠」，其生理男與女在喜歡的作品之灰關聯度評比亦具有差異性的，生理男之作品喜好度高於生理女。顯示出男性比較喜歡魚缸外觀造形設計系列，女性則比較喜歡內部造景設計系列。

4-6-3 灰色理論分析

依據 354 份問卷數據樣本，分別針對每個人對每件作品的美觀及實用兩個面向進行灰色理論分析，求出個人對於個別作品的灰關聯度值，接著再將每件作品 354 個樣





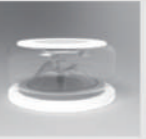
本的灰關聯度值做總體作品的比較評分。對每件作品的美觀及實用向度使用灰色理論分析完畢後的灰關聯度值，整體再做一次灰關聯分析得出的排序，能更精確地呈現整體問卷的排序趨勢。此排名與前面的灰關聯度獨立樣本 T 檢定的排名一致 (請參照表 4)，因此採用此結果作為最後模型製作的依據 (見表 5)。

表 5
各個作品之灰關聯度分析

編號	品項	灰關聯度	排序
作品 1	天地相容	0.664	5
作品 2	共榮共存	0.511	14
作品 3	高遠	0.562	12
作品 4	平遠	0.542	13
作品 5	深遠	0.434	11
作品 6	祭祀瓶山水	0.445	10
作品 7	元鼎山水	0.604	9
作品 8	窗花山水	0.608	8
作品 9	意象重疊	0.612	7
作品 10	破角	0.638	6
作品 11	虛實之間	0.692	4
作品 12	天地之間	0.694	3
作品 13	幽玄	0.877	2
作品 14	一為全全為一	0.989	1

根據每項作品 354 個樣本的灰關聯度分析顯示，排名第一至第四名的作品皆屬於抽象化山水意象結合造景設計系列，只有第五項是實體外設計的虛實相生系列 (見表 6)。每項作品個別美觀實用綜合灰關聯度分析排名整體的趨勢為「抽象化山水意象結合造景系列」的分數比「虛實相生設計系列」、「三遠法系列」、「生活山水意象連結設計系列」都要高，這顯示受訪者比較喜歡本研究設計的「抽象化山水意象結合造景設計系列」。

表 6
較優之代表作品及灰關聯度排名

名稱	一為全全為一	幽玄	天地之間	虛實之間	天地相容
產品					
排名	1	2	3	4	5

4-6-4 後測問卷討論與反饋

在完成問卷分析後，透過水族社團收集到了許多專業人士的反饋，這些反饋為未來研究提供了方向。部分人士認為，本研究設計了十四款作品，在問卷填答過程中可能會使受訪者產生美感疲勞，導致填答評比結果失真。建議將相同類型的魚缸作品合併為一題供填答者作答，這樣可以有效減少重複提問的感覺，提高填答的有效性。

在分析過程中發現，不同使用族群的反饋存在差異。專業水族從業人員、業餘愛好者和一般水族愛好者對魚缸的訴求各不相同。一個水族箱存在多種受眾，如純魚缸、純水草缸、魚加水草缸、蝦缸、水陸缸、陸生植物缸、蘚苔缸、造景缸、兩棲缸等，他們對魚缸的要求差異較大。許多人認為本研究的魚缸外觀新穎，但在實用性方面有所欠缺。實際養魚時可能會面臨諸多問題，例如，由於外觀造形多變，魚缸日常維護困難，青苔滋生和內部角落清潔不便；內部空間設計也可能不利於魚類生存，部分填答者反饋魚類在這樣的空間中可能無法舒適生活。後續需要查閱更多相關文獻、開展進一步研究來回應這些反饋。此外，過濾系統的配置也是本研究的設計限制之一，由於相關設備繁多，要使設計適配所有設備，需要更多時間進行測試。本研究主要聚焦於山水意象造形相關形態的研究與探討。

水族愛好者，無論是專業人士還是業餘人士，都對本研究表現出濃厚興趣，積極參與討論、分享和反饋。透過社群分享了解到，本研究的優勢在於形態多變，不足在於實用性欠佳。因此，實用性將是後續研究改良的重點方向。在考慮後續量產製程時，魚缸形態不能過於複雜，否則會增加成本，製作難度也會加大，這方面需要與製造端進一步溝通討論。

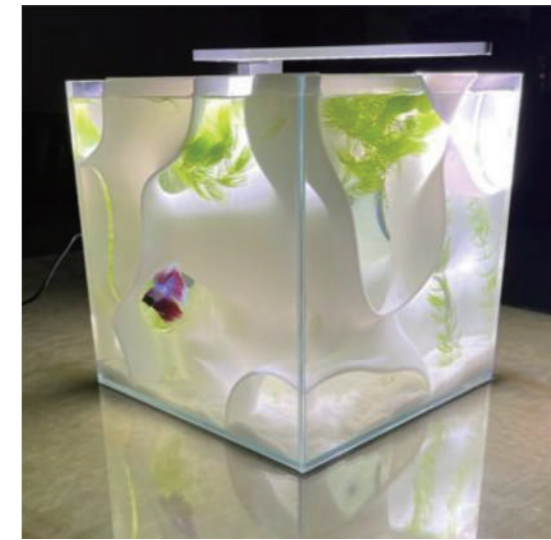
4-6-5 驗證實體模型

度排名暨獨立樣本 T 檢定第一名的「一為全全為一」進行製作驗證及訪談。「一為全全為一」實體模型具有未來感，製程相對簡易，同時蘊含虛實相生的意象，觀賞時能讓人彷彿置身於造景之中，感受到山水意象所追求的「氣勢」和「意境」，視覺張力較強，適合作為本研究最終實體作品進行驗證及訪談。

在模型製作過程中，使用了壓克力一般製成和 3D 列印光固化成形（SLA 樹脂，乳白色）兩種方式。3D 列印光固化成形，該設備精度高，易於還原設計細節。SLA 樹脂具有固化速度快、成型精度高、表面質量好等特點，適合製作本模型。在清潔方面，將造景往上提取後，可使用抹布、菜瓜布、科技棉等清潔造景上的藻類；魚缸表面也易於清潔，以保持觀賞舒適度；下部底沙可通過外掛過濾器進行過濾，去除水中雜質。最終實際尺寸模型如圖 25 所示。

圖 25

實際尺寸模型 [本研究繪製；林鴻偉，王則眾，(2022)]



4-7 實體作品訪談

根據實際製作出來的模型，選取問卷中填答的不同族群進行訪談，包括「未來潛在客群」2 位、「水族愛好者」2 位及「專業人士」1 位，共 5 位訪談者。採用「漏斗式提問法」，示例問題；另，請他們觀看實體作品的影片、照片後，回答以下個問題。

問題一、開放式問題：「您認為這款設計中，哪部分最能讓您聯想到山水意境？為什麼？」「看到這樣的魚缸感覺如何？」

大家都持正面態度表示，視覺上感覺良好、有新穎的感覺，但也有人提到觀賞時可能存在視線阻擋、無法養很多魚以及空間限制等問題。

問題二、情景假設問題：「如果這款魚缸售價比普通產品高 30%，您是否會購買？請說明原因。」「選魚缸時的考量點，美觀 & 實用哪個為優先考量？」

非專業人士大多持開放態度，願意嘗試使用，原因是造形特別、美觀，認為搭配符合環境條件的水族生物較為合適。而專業人士則表明不會使用，因為該魚缸無法滿足他們養殖目標魚類的需求，且環境清理困難，若增加一些方便換水等實用性功能，會考慮使用。

部分人認為美觀和實用都重要，會綜合考量；也有人更傾向於美觀，認為小魚缸優先考慮美觀，大魚缸則優先考慮實用性，這主要取決於魚缸的實際使用場景和個人需求。

問題三、技術細節問題：「您認為這種多孔陶瓷材質的造景，在日常清潔中可能遇到哪些難題？」「有沒有對本研究設計出來的魚缸有什麼意見？」

1. 擔心內部空間分割狹小，影響動植物生存舒適，存在空間阻礙問題；
2. 對實用性表示擔憂，包括清潔難度大、過濾系統配置不合理等；
3. 飼養水族生物受限，只能養殖小型魚種或蝦類等體型較小的生物；
4. 提出觀賞建議，如調整造景材質（採用透明或霧面材質）以增加視覺觀賞穿透性，在造景表面增加自然紋理，使其更符合人們對自然的感受需求；
5. 製作難度大，不利於量產，成本較高；
6. 銷售成本過高，與現有市場上普通配置魚缸搭配造景的組合價格相比，缺乏市場競爭力；
7. 建議未來可結合養烏龜、兩棲類，或搭配水草房子、景觀裝飾性強的植栽、蝦屋等設計，豐富魚缸功能和觀賞性。

第五章 結論

本研究先探討水墨山水意象與魚缸以及造景相關的關係，再透過市場調查的方式了解現有市面上具有設計感的魚缸案例，發現魚缸造景皆是重要設計元素之一，再做前測問卷調查了解使用者對於魚缸的使用經驗以及風格喜好，進行初步發想並確立設計研究項目後，開始著手進行設計八個魚缸「外觀設計」案例、六個魚缸「內部造景設計」案例共十四個結合水墨山水意象元素的魚缸、造景設計；透過灰色理論對設計樣本，進行系統性的驗證及後續的訪談，本研究主要的結論如下：

1. 山水意象的傳承與創新：山水意象的元素成功呈現在魚缸及造景中，並融入現代生活，為傳統文化帶來新形態的傳承。例如，在「一為全全為一」魚缸設計中，通過獨特的造形和造景，將山水意象中的虛實相生、空間層次等元素巧妙融合，既保留了傳統文化內涵，又展現出現代設計的創新。
2. 3D 技術助力設計與研究：藉助 3D 模型及渲染軟體設計十四款水墨山水意象相關魚缸，不僅有助於使用者直觀了解產品，也為問卷分析和探討提供了便利。在設計過程中，設計師能夠利用軟體快速調整設計方案，展示不同設計效果，提高設計效率和質量。同時，問卷受訪者可以通過 3D 模型更準確地表達對設計的看法，提升研究的準確性。
3. 明確市場喜好差異：通過問卷分析，運用灰色理論與獨立樣本 T 檢定分析，發現研究作品在分析過程中，會因性別等因素產生作品排序差異。這有助於深入了解市場喜好，為產品定位和市場細分提供依據。例如，男性更傾向於外觀造形設計，女性更關注內部造景，針對不同性別設計更具針對性的產品，能夠更好地滿足市場需求。
4. 獲取多元改進建議：通過對未來潛在客群、水族愛好者及專業人士的訪談，收集到不同養魚經驗背景人士對作品在美觀與實用方面的建議。這些建議為後續研究和設計改進提供了方向。

誌謝

本研究承實踐大學專題研究計畫 (USC-113-05-01001) 與國科會專題研究計畫 (MOST 109-2622-H-158-002 -) 經費補助，特此感謝。

參考文獻

1. De Clercq, G. (2022, January 23). French pet care firm stops selling fish bowls— They drive fish mad. euronews. <https://www.euronews.com/2022/01/23/uk - france - goldfish>
2. Gu, J., Vichare, N. M., Ayyub, B. M., & Pecht, M. (2010). Application of Grey Prediction Model for Failure Prognostics of Electronics. *International Journal of Performability Engineering*, 6(5), 435. <http://www.ijpe-online.com/p3-application-of-grey-prediction-model-for-failure-prognostics-of-electronics.html>
3. Guo, Z. (2024). The Impact of Gender Differences on Consumption Patterns: A Cross-cultural Comparative Study. *Frontiers in Business, Economics and Management*, 14(1), 172–177. <https://doi.org/10.54097/qtgqxy46>
4. Haruka Misawa. (2016). Waterscape 水中風景 . Link Lion 雄獅星空 . <https://www.linklionart.com/exhibition/waterscape>
5. Law, S. S. (2016). *Reading Chinese Painting: Beyond Forms and Colors, A Comparative Approach to Art Appreciation* (T. Blishen, Trans.).
6. Li, W., Shang, Y., & Ji, Y. (2008). Analysis of Multiple Objective Decision Methods Based on Entropy Weight. *Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application*, 1, 953–956. <https://doi.org/10.1109/PACIIA.2008.125>
7. Lin, P.-L. (2007). System and method for maintaining environmental optimum of aquarium. <https://patents.google.com/patent/US20090139456A1/en>.
8. Liu, Y., Wang, J., Liu, G. Z., Liu, L. Q., & Wen, B. C. (2012). The Generalized Product Quality' s Comprehensive Evaluation Method Based on Entropy Weight Method. *Advanced Materials Research*, 569, 662–665. <https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.569.662>
9. Luo, J. (2000). A Study on Comprehensive Evaluation for Products Design Quality Based on Grey System Theory. *Mechanical Science and Technology*.
10. Pinero, P. (2023). Overview of Gray System Theory (pp. 1–20). https://doi.org/10.1007/978-981-99-0635-2_1.
11. Ren, Q. (2016). Evaluation Research of Interior Design of Living Space Based on Grey System Theory. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 9(1), 379–386. <https://doi.org/10.14257/IJHIT.2016.9.1.32>
12. Rey, W. P. (2023). FishTank: an IOT-based Smart Aquarium Management System for

- Freshwater Fish Enthusiasts. <https://doi.org/10.1145/3629378.3629450>
13. Rose, P. (2024). Enhancing Welfare for Aquarium Fishes with an Ecologically Relevant Environment. *Animal Behaviour and Welfare Cases*. <https://doi.org/10.1079/abwcases.2024.0017>
 14. Takase, M., Ogino, R., Yoshida, K., Kusu, H., Kenmochi, T., & Goto, J. (2021). Qualitative Research on the Primary Effect of Fish Pet Ownership Using the Bottleium, a Bottle-Type Aquarium, on Community-Dwelling Older Adults in Japan: A Potential Preventive Measure Towards Social Isolation. *Geriatrics*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/GERIATRICS6010017>
 15. Tian, J., Liu, T., & Jiao, H. (2008). Entropy Weight Coefficient Method for Evaluating Intrusion Detection Systems. *International Symposium on Electronic Commerce and Security*, 592–598. <https://doi.org/10.1109/ISECS.2008.107>
 16. Winner, E. (2007). Visual thinking in arts education: Homage to Rudolf Arnheim. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1(1), 25–31. <https://doi.org/10.1037/1931-3896.1.1.25>
 17. Wu, G. (2008). The application of gray comprehensive evaluation in the appraising bid of architectural projects.
 18. Xue, L., & Yen, C. C. (2007). Towards Female Preferences in Design - A Pilot Study.
 19. 山水繪畫編排 . (2016). 取自 : <https://kknews.cc/culture/zggraa.html>
 20. 司淑婷 . (2018). 淺析郭熙《林泉高致》之三遠繪畫美學 . 《文藝生活》, (3), 58.
 21. 宗炳 . (2015). On painting mountains and waters (《畫山水序》) [Trans. L. Zhang]. In X. Wang (Ed.), *Classics of Chinese landscape painting theory* (pp. 12-25). Beijing University Press. (Original work published 430)
 22. 林鴻煒, 王則眾 . (2022, 12). 山水意象應用於魚缸造形之設計研究 (論文發表) . 第 2022 實踐大學設計學院國際設計學術與創作研討會, 臺北市, 臺灣 .
 23. 郭熙 . (1028 - 1085 A.D). 林泉高致 . 博客來 . <http://www.books.com.tw/products/CN10258224>
 24. 郭熙 . (2006). *Linquan Gaozhi: Forests, springs, and lofty ideals* (《林泉高致》) [Trans. W. Chen]. Shanghai Ancient Books Publishing House. (Original work published 1028-1085)
 25. 黃子霏 . (2006). 《林泉高致集》讀後感 . [Thoughts on Reading of the *Linquan Gaozhi Ji* on Chinese Painting of Mountains and Waters by Guo - Xi]. *造形藝術學刊* (2006 年度), 173 - 183. doi:10.29830/tpad.200612.0008
 26. 鄧聚龍 . (1982). 灰色系統的控制問題 . *Systems & Control Letters*.
 27. 鄧聚龍 . (1982). 灰色控制系統 . *華中工學院學報* .