

C9：教育科技創新、政策與實踐

綠色創新視角下設計開發流程的創新價值探討：基於認知網絡分析法

Exploring the Innovative Value of Design and Development Processes from the Perspective of Green Innovation: Based on Cognitive Network Analysis

徐佳欣¹、邱敏棋²

¹ 臺中科技大學多媒體設計研究所研究生

² 臺中科技大學多媒體設計研究所助理教授

[*minky413@nutc.edu.tw](mailto:minky413@nutc.edu.tw)

【摘要】本研究以「環保吸管」為案例，結合六頂思考帽策略與認知網絡分析法（Epistemic Network Analysis, ENA），探討學習者在綠色設計思考中的認知結構與思維關聯。研究對象為大學生，透過六頂思考帽導向的分帽式訪談蒐集資料。結果顯示，在藍帽思維下，學習者展現出整合創意的能力，紅帽則顯示情感表達，黃帽與黑帽分別凸顯價值肯定與風險評估的平衡關係，綠帽強調創意探索與結構整合並存，白帽則以客觀事實為核心。整體而言，六頂思考帽能有效引導學習者從多面向分析綠色產品議題，而 ENA 的可視化結果揭示不同思維間的共現結構。研究結果顯示此方法不僅能強化學習者的反思與批判能力，也能促進其在綠色創新設計中的創造思維。

【關鍵字】綠色創新、設計教育、六頂思考帽、認知網絡分析法、永續設計

Abstract: This study uses eco-friendly straws as a case to integrate the Six Thinking Hats strategy with Epistemic Network Analysis (ENA), exploring learners' cognitive structures in green design thinking. University students participated in interviews guided by each hat's perspective. Results show that learners demonstrated integrative and value-oriented thinking under the blue hat, emotional insight under the red, balanced evaluation of value and risk under the yellow and black, creative exploration under the green, and fact-based reasoning under the white. Overall, the Six Thinking Hats effectively guided learners to analyze green product issues from multiple perspectives, while ENA visualized the connections among different thinking modes. The findings indicate that this integrated approach enhances learners' reflection, critical thinking, and creativity in green innovation design.

Keywords: green innovation, design education, Six Thinking Hats, Epistemic Network Analysis, sustainable design

1.前言

在當前產品快速推陳出新的設計環境中，許多市面商品雖具備創意與功能性，卻常忽略設計對環境可能造成的衝擊(Luchs et al., 2016)。特別是在材料選用、製程安排與產品壽命規劃上，仍有相當多設計案例未能落實綠色思維(Leng et al., 2024; Keoleian & Menerey, 1994)。這樣的現象顯示，若設計開發流程缺乏對綠色創新的重視，即便產品在市場上具有話題性，仍可能因忽視使用者實際需求與環境影響而導致設計落差(Noëth et al., 2024)。因此，設計應於初始開發階段即整合「綠色創新」理念，使設計不僅回應機能與美學，更能在材料、流程與應用層面進行實質優化(Muhsin, 2024)。本研究以「紙吸管」作為分析案例，探討其作為替代塑膠吸管的綠色設計，如何在實際應用中面對各種爭議與挑戰。雖然紙吸管的出發點在於減少塑膠使用，但實際操作中卻常面臨不耐用、成本高、消費者接受度低等問題。這說明僅有材料替代並不足以構成完整的綠色創新，反而可能讓設計淪為表面上的環保象徵。因此，深入探討紙吸管設計中的市場落差與使用反饋，對於理解綠色設計的真正價值具有重要意義。

為促進設計學習者對此議題的理解，本研究也特別強調學習階段的重要性。在設計教育中，學習者應主動反思市場真實需求與消費者使用情境，將實際議題導入課堂學習中，深化其對綠色創新的理解與實踐能力。本研究方法採用「六頂思考帽」架構，從六個思維層面——事實、情感、批判、樂觀、創新與統整——全面分析紙吸管的設計問題與可能的創新方向。同時，研究運用「社群網路分析法」(Social Network Analysis, SNA)統整訪談資料，將各參與者(如使用者、學習者、設計者等)在訪談中所表達的意見與觀點以網絡圖像方式呈現，找出認知節點與概念間的關聯與影響力。本研究期望透過認知網絡與思維工具的結合，深入探討綠色創新導入設計開發流程中的價值與挑戰，並對設計教育與實務提出具體反饋與建議。

2. 文獻探討

2.1 綠色企業

綠色企業(Green Enterprises)又稱永續企業，是指在經營過程中積極導入環境永續觀念，致力於降低企業活動對自然環境的負面影響。綠色企業的概念最早可追溯至 1990 年代初期，當時隨著全球對氣候變遷與環境污染問題的日益重視，企業開始將「永續性」視為發展的重要一環(Azeez, 2018)。在初期階段，綠色企業的實踐主要聚焦於減少能源使用與廢棄物產生、導入環保設備及強化合規制度等基本策略。進入 21 世紀後，隨著綠色科技與循環經濟概念的興起，綠色企業的實踐層面逐漸擴大至產品設計、供應鏈管理及市場策略等層面。越來越多研究指出，採用環境創新策略的企業，不僅能降低成本與風險，也有助於提升競爭力與顧客忠誠度(Biggi et al., 2023)。例如，有學者指出在歐洲與北美地區，實施綠色創新的企業在銷售表現、生產效率與企業存活率上，皆優於未採取環保策略的企業(Serio et al., 2020)。

2.2 六頂思考帽

六頂思考帽(Six Thinking Hats)是一種創意思考與決策策略工具，由 Edward de Bono 於 1985 年提出，用以系統化組織思考過程(de Bono, 1985)。其理論基礎源於「平行思考」(parallel thinking)的概念，主張將複雜的思考活動分拆成不同的視角，以提升團隊溝通效率與創新思維的品質(Serrat, 2017)。在實際應用中，六頂思考帽將思考分為六種顏色帽子的模式：白帽代表客觀資訊與數據、紅帽強調情緒與直覺、黑帽聚焦風險與批判、黃帽尋求價值與可行性、綠帽引導創意與替代方案、藍帽則負責掌控整體思考流程(Serrat, 2017)。這一思維架構被廣泛應用於教育、創新設計、決策諮詢、醫療團隊溝通等多種領域。

2.3 認知網絡分析法(Epistemic Network Analysis, ENA)

認知網絡分析法(Epistemic Network Analysis, ENA)是一種結合質性與量化特徵的分析方法，由 Shaffer 等人於 2016 年正式提出，用於研究學習者在特定活動中「思維連結」的結構與變化(Shaffer et al., 2016)。ENA 的出現旨在突破傳統內容分析方法難以揭示「概念共現」模式的限制，強調透過建立「概念之間的連結網絡」來理解知識建構歷程(Shaffer & Ruis, 2017)。該方法的核心概念是「共現」(co-occurrence)：透過將編碼後的資料(如討論對話、反思文本)

切割為語意單位，再計算每單位內概念之間的同時出現頻率，以構成矩陣與網絡模型(Collier et al., 2020)。進一步透過可視化技術呈現概念節點與其關聯強度，揭示學習者在不同階段、任務或教學策略下所展現的認知結構(Siebert-Evenstone et al., 2017)。

綜觀而言，認知網絡分析法透過數據驅動的方式，將個體的知識結構以網絡形式具象化，促進對學習歷程的深度理解。未來在人工智慧與大數據學習分析發展的推波助瀾下，ENA 有望成為學習科學中更具系統性與解釋力的核心工具之一(Eagan et al., 2020)。

3.研究架構

本研究以學習者為核心，探討其在綠色產品觀察與再設計過程中的認知發展。學習者透過六頂思考帽策略引導，觀察並分析「環保吸管」產品在實際使用中的缺陷，進而提出改良構想。研究架構聚焦於學習者如何在不同思維帽的引導下進行思考轉換：

白帽階段：學習者蒐集事實資訊，如吸管的材料特性、耐用性與使用回饋，建立客觀理解基礎。

紅帽階段：透過情感表達與使用感受回顧，反思自身與他人對產品的情緒反應。

黑帽與黃帽階段：學習者進行風險與價值的雙重評估，平衡產品可行性與永續價值。

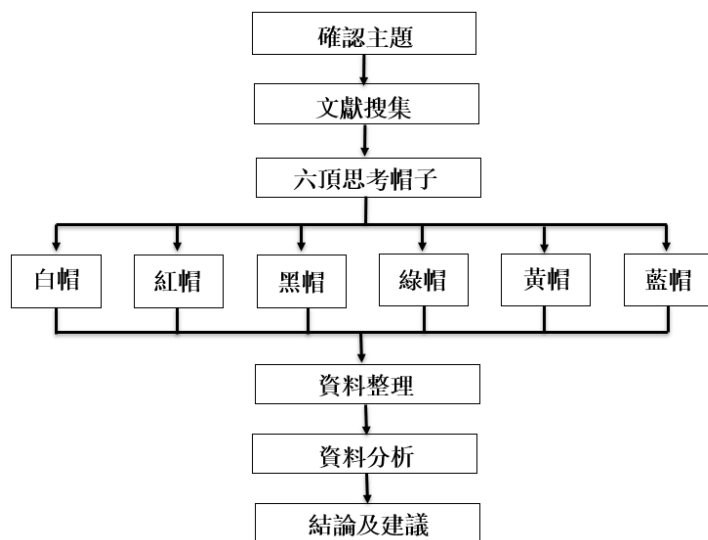
綠帽階段：啟發創意思維，提出可行的替代材料、結構設計或使用情境創新。

藍帽階段：統整前述各思維成果，形成具邏輯性的再設計方案。

整體研究架構旨在培養學習者能以多元視角觀察問題、分析設計缺陷並提出改進策略，最終形成綠色創新的學習循環。

圖 1

研究架構圖



4.研究設計

4.1 研究對象

本研究於 114 年 7 月間進行為期 3 週之實驗教學，研究對象為來自臺中市某大學不同科系的一年級學習者共 4 人，分別來自 4 個不同科系。

表 1

學習者資訊表

受測者	性別	年齡	系所
陳○欣	女	24	資訊管理

琴○琳	女	22	保險金融
鄧○瑤	女	25	商品設計
蕊○琳	女	24	商品設計

4.2 編碼設計

訪談內文

訪談題項以六頂思考帽進行分類，主要聚焦於探討環保吸管的情感態度、價值判斷、可行性與改善策略。紅帽題項關注個人對環保吸管的感受、偏好與使用動機；黑帽題項則檢視其實際環境效益、替代性與永續貢獻；黃帽題項探討相關政策與措施的合理性、公平性及邏輯基礎；綠帽題項著重於提出創新方式以推動環保吸管落實與環境改善；白帽題項聚焦於資訊需求、可信度與理解環保吸管的相關知識；藍帽題項則引導受訪者反思訪談後的立場變化，並思考達成吸管永續化的策略與期望。

整體而言，題項涵蓋了情感、風險、利益、創新、資訊與策略六個面向，形成一個全面性架構，用以深入理解環保吸管在環境永續議題中的多重觀點。

2.如何分類

在單位設定中，設定為不同思考帽的組合，每個思考帽裏都包括四位受訪者。意即每位受訪者在特定思考帽下的所有發言視為一個分析單位。此設定可協助我們觀察不同思考帽框架下，不同人員的語意結構與認知傾向，進一步比較各角色在紅帽、黑帽、黃帽等思考方向上，是否出現顯著差異。本研究依據六頂思考帽的理論與質性資料內容，建立六組語碼，包括「情感印象」、「風險警示」、「價值激勵」、「組織統整」、「創意探索」與「客觀事實」。這些語碼涵蓋了情感、邏輯、創意與事實等不同面向，有助於呈現參與者在不同思考帽下，語言使用中各概念之間的連結結構與強度。

藍色思考帽的網絡圖顯示其與「組織統整」、「價值激勵」及「創意探索」之間存在高度連結，線條厚度亦表現出強烈的共現關係(如表 1)。此結果符合藍色思考帽在思考帽理論中「流程控制與整合」的功能定位，顯示學習者在使用藍色思考帽進行討論時，傾向將創意構想與價值導向加以整合，並透過組織性的思維加以框架化。此一網絡特徵說明藍色思考帽在學習活動中，扮演著協調與調控的核心角色，有助於引導整體討論向有結構的方向推進。

紅色思考帽的網絡圖主要集中於「情感印象」與「客觀事實」的連結，且該連線的強度明顯高於其他節點(如表 1)。此現象揭示學習者在表達情緒與直覺時，並非單純停留於主觀感受，而是傾向同時參照一定程度的事實依據，進而使情感判斷更具合理性。紅色思考帽的此種網絡結構說明情緒表達與理性分析之間可能存在互補性，而非二元對立。此結果亦呼應思考帽理論所強調的，情感層面能夠在群體討論中提供重要的價值與直觀見解。

黃色思考帽的網絡圖呈現「客觀事實」、「價值激勵」與「風險警示」的關聯(如表 1)。此結果顯示學習者在尋找積極面與可能性時，會依循事實基礎並結合價值導向，同時考慮風險因素。此結構突顯黃帽思維的務實性與正向性，即在肯定機會的同時，仍兼顧可行性與潛在挑戰。

綠色思考帽的網絡圖凸顯「創意探索」與「組織統整」之間的緊密連結，顯示學習者在生成新想法的同時，也會考慮如何將這些構想納入既有的組織結構之中(如表 1)。此一模式反映出綠色思考帽在群體討論中的功能，不僅是單純的發散性思維，更包含了將創意加以調整與整合的傾向。此結果指出，在具體學習任務中，學習者的創意思考具有應用導向，能夠兼顧創新與可行性，避免創意流於片段化或脫節化。

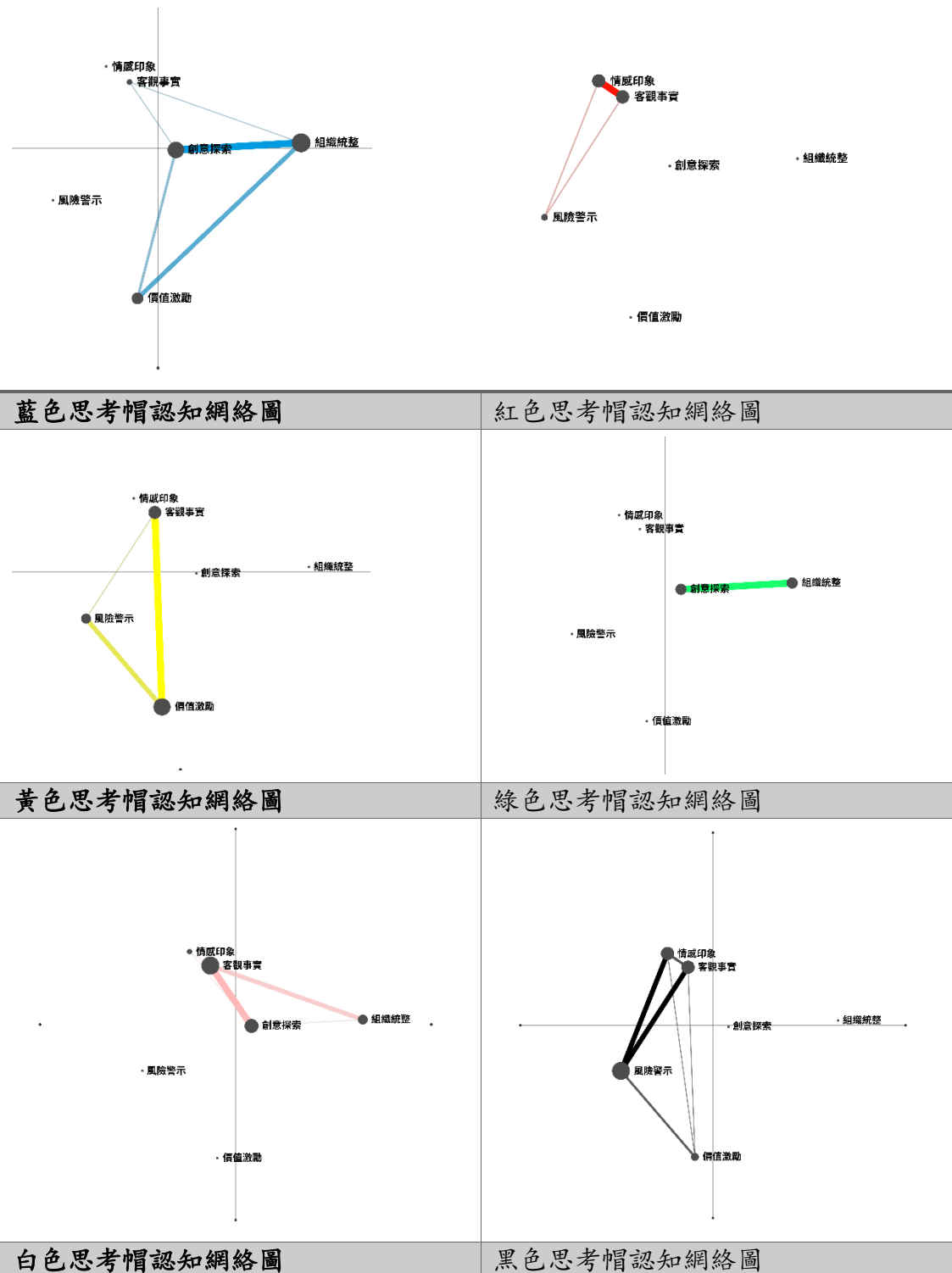
白色思考帽的網絡以「客觀事實」為核心，並與「創意探索」及「組織統整」相連結(如表 1)。此結果顯示學習者在蒐集與呈現資訊時，會進一步將事實基礎與創新思維及組織規劃結合，強調資訊的客觀性與應用價值。白色思考帽的特徵符合其在思考帽理論中的定位，即提供中

立且可靠的資訊作為討論依據。

黑色思考帽的網絡明顯集中於「風險警示」與「客觀事實」的強連結，並延伸至「情感印象」與「價值激勵」(如表 1)。此一模式顯示學習者在進行批判性思維與風險評估時，會同時考慮事實依據與價值判斷。此結果凸顯黑色思考帽在群體討論中的功能，即透過風險意識提醒，協助學習者在創意或情感驅動下仍能保持審慎。

表 2

六頂思考帽認知網絡圖



5. 結論

本研究結合六頂思考帽策略與認知網絡分析法（ENA），從學習者角度探討綠色設計思維在環保吸管議題中的認知結構與學習歷程。研究結果顯示，不同顏色思考帽對學習者的思考方式與討論內容有明顯影響。藍帽促進學習者在多重觀點中建立整合框架，協助組織討論邏輯與方向；紅帽揭示情感在理性分析中的關鍵作用，使學習者能以更具同理心的方式評估設計問題；黃帽與黑帽構成價值與風險的思維平衡，讓學習者在評估永續產品時兼顧正面價值與可行性挑戰；綠帽則展現創意與結構思維並進的特性，強化創新構想的實踐性；白帽使學習者能以事實為基礎支撐其判斷，提升設計論證的客觀性與可信度。整體而言，六頂思考帽策略不僅促進學習者多向度的思考，也使其能更具體地辨識產品的缺陷與改進潛能。透過 ENA 分析的可視化結果，研究者得以清楚呈現各思維間的連結強度與概念共現，揭示學習者在討論過程中的思維重點與互動模式。這一分析方法不僅有助於教師理解學習者的認知差異，也能作為設計教育中導入綠色創新思維的重要依據。

本研究的成果顯示，將思考帽策略與 ENA 結合於設計教育情境中，可有效促進學習者從「情感—事實—創意—評估—整合」的多層次思維，形成對綠色設計更具深度與批判性的理解。未來可延伸至不同設計主題（如循環產品、永續材料等），並結合 AI 輔助學習平台，以建立可持續的創意思考訓練機制，進一步提升設計教育在綠色創新領域的實踐價值。

參考文獻

- Azeez, A. A. (2018). *Green entrepreneurship: Literature review and agenda for future research*. ResearchGate.
- Biggi, G., Mina, A., & Tamagni, F. (2023). There are different shades of green: Heterogeneous environmental innovations and their effects on firm performance. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2303.12879>
- Collier, W., Ruis, A. R., & Shaffer, D. W. (2020). Using nCoder and ENA to analyze learning in simulations. *Proceedings of the International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK 2020)*.
- de Bono, E. (1985). *Six thinking hats*. Little, Brown & Co.
- Eagan, B., Rogers, A., & Shaffer, D. W. (2020). Modeling learning with epistemic network analysis: A review. *Journal of Learning Analytics*, 7(1), 21–37. <https://doi.org/10.18608/jla.2020.71.2>
- Keoleian, G. A., & Menerey, D. (1994). Sustainable development by design: Review of life cycle design and related approaches. *Air & Waste*, 44(5), 645–668. <https://doi.org/10.1080/1073161X.1994.10467269>
- Leng, J., Guo, J., Xie, J., Zhou, X., Liu, A., Gu, X., Mourtzis, D., Qi, Q., Liu, Q., & Shen, W. (2024). [Incomplete citation—please add article title and journal if available.]
- Luchs, M. G., Swan, K. S., & Creusen, M. E. (2016). Perspective: A review of marketing research on product design with directions for future research. *Journal of Product Innovation Management*, 33(3), 320–341. <https://doi.org/10.1111/jpim.12276>

- Muhsin, W. A. (2024). Contemporary design strategies and their role in enhancing the functional and aesthetic values of industrial product. *Online Journal of Art & Design*, 12(4).
- Noëth, E., Van Opstal, W., & Du Bois, E. (2024). Introducing reusable food packaging: Customer preferences and design implications for successful market entry. *Business Strategy and the Environment*, 33(7), 6507–6532. <https://doi.org/10.1002/bse.3820>
- Serio, R. G., Dickson, M. M., & Giuliani, D. (2020). Green production as a factor of survival for innovative startups. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2006.07261>
- Serrat, O. (2017). Six thinking hats. In *Knowledge solutions: Tools, methods, and approaches to drive organizational performance* (pp. 747–753). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_67
- Shaffer, D. W., Collier, W., & Ruis, A. R. (2016). A tutorial on epistemic network analysis: Analyzing the structure of connections in cognitive, social, and interaction data. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 9–45. <https://doi.org/10.18608/jla.2016.33.3>
- Siebert-Evenstone, A. L., Arastoopour Irgens, G., Collier, W., Swiecki, Z., Ruis, A. R., & Shaffer, D. W. (2017). In search of conversational grain size: Modeling semantic structure using epistemic network analysis. *Journal of Learning Analytics*, 4(3), 123–139.