掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計之教學成效

陳殿禮* 梁紫祺**

* 國立臺北科技大學工業設計系
chentl@ntut.edu.tw

** 國立臺北科技大學設計學院
通訊作者 liang.chi.ci@gmail.com

摘 要

在教育部推動 AI 科技於教學場域的背景下，傳統工藝教育模式須逐步轉型成工藝與科技的跨域合作模式；掐絲琺瑯工藝作為高度依賴手工的傳統技藝，若透過創新科技導入，可提高生產效能與提升教學成效。文獻指出，設計思考理論結合 AI 生成技術能有效提升學習成效，而本研究運用設計思考中雙鑽石模型，導入 AI 圖像生成應用於工藝教學，規劃 AI 與掐絲琺瑯工藝之教學模組，藉以探討科技與工藝的學習成就、創意自我效能評估，以及傳統工藝教育的創新潛力與教學滿意成效。本研究採漸進式教學，從當代首飾與工藝理論基礎，至基礎琺瑯工藝訓練，逐步應用至設計思考教學，進而結合 AI 設計與工藝實作，最終完成具個人創意之掐絲琺瑯當代首飾作品；而量化研究係透過前測與後測評估學生創意自我效能，質性研究則為專家評圖與學生學習反饋報告。

根據本研究結果顯示：掐絲琺瑯工藝以設計思考模式導入 AI 設計之教學模組，有助於提升學生於工藝創作之學習成就；其跨域教學模式在創意自我效能評估之創意思維與創意製作具正面影響，且受測學生對課程滿意度中的專業知識滿意度為最高。本研究結論不僅可提供琺瑯工藝創新教學課程實施之改進與建議，亦可作為傳統工藝結合科技設計跨域教學模式之參考。

關鍵詞：掐絲琺瑯工藝教學、當代首飾、設計思考、生成式人工智慧
論文引用：陳殿禮、梁紫祺（2025）。掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計之教學成效。*設計學報，30*（4），89-109。

一、前言

1-1 研究動機

隨著人工智慧時代的來臨，教育部（2019）推動「AI 教育 x 教育 AI」，教育工作者須落實將 AI 科技運用於教學領域，讓學生能透過 AI 技術結合系所專長，培育具專業技術與數位能力的跨域人才；「未來的教育場域，教師須充分運用 AI 工具輔助教學，並建構學生個人的學習鷹架」（高文忠，2023）。Lee, U.、Han 和 Lee, J.（2023）的研究指出，生成式人工智慧，即生成式 AI（generative artificial intelligence,

GAI）整合到視覺藝術課程，可促進學生在探索創意的發散與收斂的思考過程。蔡銘修與林進益（2024）的研究結果指出，儘管生成式 AI 在傳統產業的應用尚屬初期發展階段，其潛在價值與重要性卻日漸受到重視。掐絲琺瑯工藝作為重要的傳統工藝，其製作流程繁複且具有一定的技術門檻，雖然 AI 生成與設計可以幫助學生激發創意與靈感，AI 所產生的圖文可做為藝術教育課程的輔助教材，並可啟發學生的想像與創造力（余欣潔，2023），但對於如何透過 AI 工具結合工藝的教學應用，這方面的研究仍然較少。

掐絲琺瑯工藝具中國傳統歷史文化與藝術價值，其獨特在於掐絲線條的設計與工藝製作的過程，由於圖案紋樣製作過程過於繁複，耗費大量的人力與物力，仍難以達到現代化的量產標準（李中豪，2015）。施君（2015）指出，由於琺瑯的工藝特殊性，各項工藝流程幾乎都仰賴手工製作，每一步工序都難以用現代機器取代，若要突破困境，應最大程度保留手工特性，並將新的思維注入其中。有學者指出，工藝美術回歸工藝產業，須將傳統技藝與創新科技結合，以有效促進生產效能（張繼文、葉俊麟，2021），亦即傳統工藝唯有轉型升級，才能在時代潮流中站穩腳步（國立臺灣工藝研究發展中心，2022），因此本研究將運用生成式 AI 作為掐絲琺瑯中的跨域技術，提高學生的創意發展與設計效率。林榮泰（2013）於《工不可沒・藝不可失－工藝與科技的對話》中提到美國哲學家蘇珊・朗格（Susanne Langer, 1953）對數位化應用於工藝製造的觀點：「工藝創作的美學基礎在於多了一份創作者想像力，因為技藝是基礎，創意與設計才是核心。」此外，「推動創意教學與創造力培育的過程中，最重要目的之一就是要培養學生的創造力」（林偉文，2011）。Goldman、Carroll 與 Royalty（2009）的研究表示，將設計思考融入課堂，能幫助學生探索設計的多元面向，發展不設限的創造力，同時增強學習信心，並提升自主學習能力。本研究以設計思考理論作為琺瑯工藝教育的結構框架，結合生成式 AI 技術作為建構掐絲琺瑯圖案的核心創新教學模式，透過跨域的整合模式，突破掐絲琺瑯工藝在技藝傳承上的困境，實現傳統工藝於現代 AI 設計教育中的創新發展性。

1-2 研究目的

有鑒於多項研究與論述指出，設計思考理論和 AI 生成技術應用於教學，可以幫助教師與學生達到正向的學習成效與反饋，然而，將 AI 技術應用於工藝教學領域研究仍甚少。Celik、Dindar、Muukkonen 與 Järvelä（2022）的研究發現，教師須先規劃學習數據，才能構成 AI 應用於教學的基礎，透過教師所制定的教育系統，AI 可以幫助辨識學生的需求，以便教師能夠精準掌握最適合學生的學習內容並即時反饋。過往的工藝教學主要著重於訓練學生實作能力，雖於工藝創作中會應用設計思考理論作為學生的創意發散與收斂，但卻鮮少探討其理論在工藝教育中所具有的成效與影響，因此，本研究提出以設計思考中的雙鑽石模型理論，結合 AI 生成技術之教學模式，應用於掐絲琺瑯工藝課程。於教學實踐中涉及的專業理論與課程實施有五大面向（如圖 1），包含：工藝理論基礎、設計思維、數位與科技工具、琺瑯工藝、當代首飾應用，課程內容從工藝理論基礎出發，探討工藝與設計的界線，並從材質的應用引發學生在技術上的學習動機，課程中以設計思考步驟進行創意啟發，引導學生運用數位工具（Illustrator、Photoshop、Blender）及科技工具（AI 圖像生成）工具進行創意發展與收斂，學生依序從琺瑯工藝技法實作練習，進展到金屬冷接與鑲嵌過程等進階製程，逐步完成具個人觀點的掐絲琺瑯當代首飾設計。

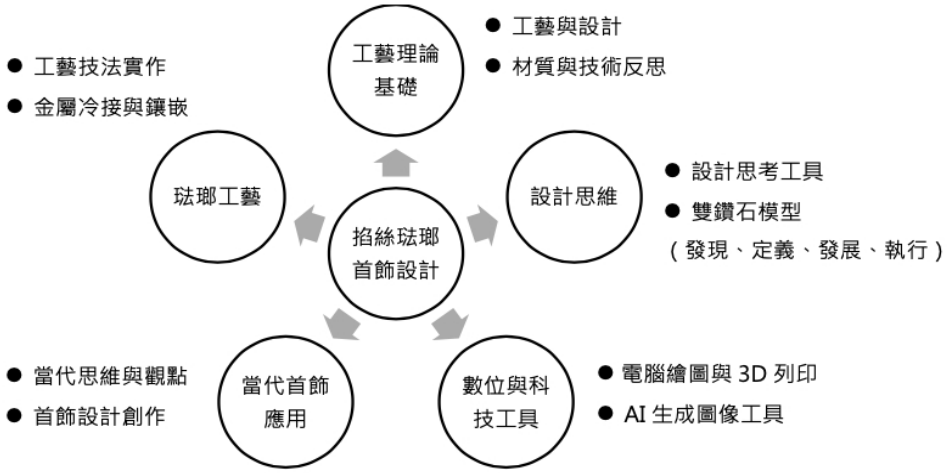


圖 1. 本研究教學實踐之專業理論與課程實施

本研究於教學實踐進行前、後測問卷調查與學習反饋，以探討運用設計思考模式結合 AI 生成技術在掐絲琺瑯工藝教學中的學習成效。具體研究目的為三項：（1）規劃 AI 生成工具應用於掐絲琺瑯教學的學習模組；（2）採用設計思考雙鑽石模式，分析學生運用 AI 生成圖像設計於掐絲琺瑯工藝創作的學習成就與創意自我效能；（3）探索 AI 科技工具於傳統工藝教育的創新應用潛力，以及學生對於琺瑯工藝課程之教學滿意成效。研究結果將提供本課程日後教學改進建議，亦可作為教授工藝設計領域相關課程之參考。

二、文獻探討

2-1 掐絲琺瑯工藝之於當代首飾

「琺瑯」（enamel）又名「搪瓷」，指在金屬表面上覆蓋一層玻璃或陶瓷質地粉末，經由 700 度至 820 度高溫熔結後，所形成的光滑具裝飾效果的琺瑯層。琺瑯的歷史可追溯到美索不達米亞和埃及等早期王朝時代，在古埃及時期就將玻璃材質的釉藥（琺瑯）裝飾於陶器與石器上，而琺瑯最早是由阿拉伯傳入中國，「琺瑯」兩字源自外語「佛郎」也稱「拂菻」。Liban 與 Mitchell（1989）指出歷史上公認的六種琺瑯技法分別為：內填琺瑯（champlevé）、掐絲琺瑯（cloisonné）、利摩日琺瑯（limoges）、空窗琺瑯（plique-à-jour）、鑿胎琺瑯（basse-taille）、灰階琺瑯（grisaille）。

掐絲琺瑯被認為是最古老的琺瑯技術（Ball, 2006），學名為銅胎掐絲琺瑯，指在金屬胎上以金屬細絲勾勒圖案紋樣，透過反覆填釉與高溫燒製，並打磨而成的作品（國立故宮博物院，2022）。在日本稱為「有線七宝燒」，日本七宝作品常運用於首飾及器物，表現極為細膩的漸層色彩及精緻的圖紋變化（吳竟鋌，2022）。而在歐美國家則稱為「cloisonné」，名稱源自於法語「cloisons」，意為分隔的區域，表示每種顏色都被包圍在獨立的區域內（Bates, 1974）。傳統的掐絲琺瑯工藝由於完全由人工以鑷子掐絲圖案，其技法無法用機器取代（李中豪，2015），掐絲的金屬絲不僅用於區隔不同的顏色，還能作為設計中的裝飾元素（Liban & Mitchell, 1989），Bates（1974）指出掐絲的設計須體現流暢性的特質，其圖紋設計為符合掐絲製作流程，其線條採用彎曲或曲線，而非稜角銳利或破碎線條。掐絲技法的製作步驟包括：金屬胎體製作並先燒製一層薄底色；設計掐絲紋路並以金屬線掐絲；將完成的掐絲線條燒製於金屬上；以琺瑯釉料反覆填色、入窯燒製；待琺瑯與銀線等高後，使用磨石棒打磨；最後表面補色並進窯燒製至光亮，如圖 2 所示。

圖 2. 掐絲琺瑯製作流程圖

當代工藝雖根植於傳統工藝基礎，卻早已超越工藝本身，發展成嶄新的表述形式（吳佩珊，2018）。所謂「當代首飾」，泛指七十年代後，創作者於各藝術領域的創作反思（李冠儀，2021）；吳淑麟（2016）指出「當代首飾以最貼近身體的微小物件，將自然、身體與人緊緊連繫。」在全球化的影響下，當代首飾創作更關注社會價值與生態議題，強調材料與實驗的混搭自由性（王意婷，2022）。錢錦璐與胡蕾（2023）指出，創意思維拓寬了當代首飾在形式上的語言範圍，透過主題內涵表達、造型與結構、色彩質感與材質運用的多樣性，呈現出不同的表現形式。而在現今的掐絲琺瑯工藝創作中，創作者將生活經驗與情感體驗融入創作中，以多元的設計角度進行詮釋，包含：以色彩表現情緒、以質感表現觀點、以造型表現個人對事物的喜好（梁紫祺，2020）。

2-2 設計思考與雙鑽石模型

設計思考（design thinking）源自知名 IDEO 設計公司創辦人 David Kelley 在史丹佛設計學院擔任院長時，綜合多年設計實務經歷發展出來的一種思考方法，IDEO 執行長 Tim Brown（2008）指出，設計思考是一種以人為中心，驅動創新並解決問題的方法，涵蓋了靈感（inspiration）、構思（ideation）與實施（implementation）三個思維系統。設計思考是一種解決問題的途徑，強調多元視角理解與探索問題（陳曉菲，2022），猶如無限的符號，透過不斷迭代以追求最佳解答的工具（邱增平、楊雅鈞，2023），根據使用者的意見進行改良，反覆循環，找出真正滿足使用者需求的方案（連瑀琁、楊俊明、黃鼎豪，2019）。設計思考早已突破設計領域的界限，並廣泛延伸至教育領域（王佳琪、楊琬琳、宋世祥，2024；羅靖妗，2021）；教學上目前多採用史丹佛大學設計學院（2010）提出的五個發展步驟：同理（empathize）、定義（define）、發想（ideate）、原型（prototype）、測試（test），與「設計思考教學就是讓學生透過系統化的發散與收斂思考」（羅靖妗，2021）。此外，邱增平與楊雅鈞（2023）發現，設計思考方法論導入在創造力與設計實務教學的高等教育計畫申請逐年攀升，代表其設計思考教學模式能有效激發學生的創意潛能。

本研究採用設計思考中的雙鑽石理論（double-diamond model），如圖 3 所示，引導學生創作過程中使用該模型思考。雙鑽石設計模型由英國設計學院（Design Council）針對設計思考所提出的「發掘問題（診斷）」及「解決方案（對策）」的二個階段的結構，融合人文與環境視角，強調成效與關注解決方案創新方法論（林晏如，2023），可分為四階段學習模式：探索（discover）、定義（define）、發展（develop）、執行（deliver）。劉世南與楊佳翰（2021）指出，「雙」鑽石意指問題的診斷與對策，而每一階段的鑽石模型皆是代表發散與收斂的創意運作機制，其中「問題診斷」包含探索（發散）與定義（收斂），而「問題對策」則包含了發展（發散）與執行（收斂）。

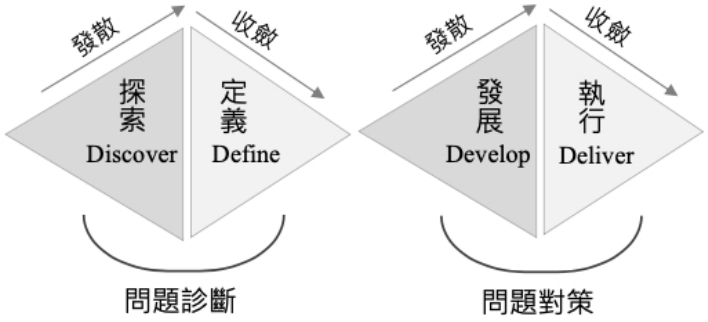


圖 3. 設計思考中的雙鑽石模型

2-3 生成式 AI 於工藝教育應用

生成式人工智慧（generative artificial intelligence, GAI）簡稱生成式 AI，為具有創造能力的人工智慧系統，其核心基於透過大語言模型（large language model, LLM）及生成對抗網路（generative adversarial network, GAN）等演算模式，學習大量數據中的結構與特徵，進而生成如文字、圖像、音樂、影片、設計或程式碼等多種形式。面對 AI 時代，教育工作者必須革新傳統教學模式（高文忠，2023），對於教育工作者如何將 AI 工具導入實際教學情境中，有學者指出，2024 年生成式 AI 融入教學，不再是引導學生認識 AI 工具與其具有的功能，而是希望教師能「理解」AI 能於教學中所扮演的角色，並「應用」到個別化的課堂情境中（吳奇，2024）。顏榮泉（2024）研究指出，透過生成式 AI 具備的自然語言對話機制，教師以簡易的提示語教學，能將 AI 轉化為提供學生個別化回饋的教學助理。生成式 AI 導入設計教學後，使教案蒐集與教材製作變得高效且多元（張孝評、劉汶霖，2024），學生透過融入生成式 AI 的教學輔助，能在適性互動的對話機制下，提高學習的參與度（顏榮泉，2024）。

於 2024 臺灣工藝論壇中，多位學者提出工藝與科技的看法，林承緯（2024）指出，工藝由手作、機械至 AI 世代，供給與需求不斷置換調整，若談論工藝的未來發展，仍須思考檢視技藝的傳承延續與創新的核心價值。從工藝與科技發展的演進中，兩者彼此緊密相連、相輔相成（江怡瑩，2024），若論工藝價值未來的發展趨勢，鄭正雄（2024）指出，透過工藝與設計跨域共創，加上數位科技工具的輔助應用，可激盪傳統工藝技法的創新，達到新材質、新技術、新概念的多元美學表現。

余鑑（2003）研究指出，工藝教育的思想發展歷程可分為五個階段，分別為：手工訓練教育期、手工藝教育期、工藝教育期、工業科技素養教育期、科技素養教育期；並有學者指出，於推廣工藝教育發展的教學設計重點為，以實作為基礎，理論與之並重，將科技運用作為促進學生研習工藝的效能，激發學生研習動機，進而推廣工藝教育（阮志龍，1979）。對於工藝教育者而言，適時運用科技介入輔助傳統手作教學，為未來發展趨勢，雖然目前於工藝教育中導入 AI 的教學成果研究甚少，但以設計教育領域而言，生成式 AI 具備快速創造與試驗多樣視覺元素能力，有助於初步設計概念的發想（余欣潔，2023；林純萱，2024），持續擴展文學及藝術領域的創作邊界（顏榮泉，2024），將生成式 AI 導入教學，能為學生提供個別化支持，靈活因應不同學習需求與即時回饋（徐臺屏、王政忠，2024）。

三、研究方法

3-1 研究架構與假說

本研究教學實踐以掐絲琺瑯工藝為中心，結合設計思考與 AI 圖像生成設計科技，導入當代飾品設計及製作課程，培養學生具傳統工藝專業技能、設計思考運用能力、AI 數位科技工具等整合能力，本研究的自變項為掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學（實施前測與後測），依變項為學習成就與創意自我效能（創意思維、創意製作、面對負面反饋與自我堅持效能），研究架構如圖 4 所示。此外，於期末學習成果發表後，進行學生對課程教學滿意度之評估調查，檢測項目包含：教師教學、課程與教材、專業知識。本研究提出之假說為假說 1（H1）：掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計之教學模組正向影響學習成就；假說 2（H2）：掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響創意思維；假說 3（H3）：掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響創意製作；假說 4（H4）：掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響面對負面反饋與自我堅持效能。

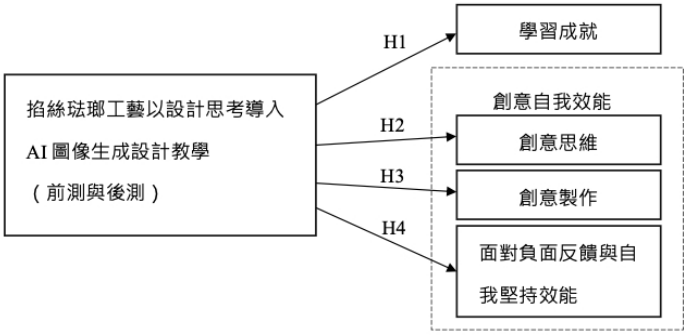


圖 4. 本研究架構與假說

3-2 研究範圍與限制

本研究以大學三年級「當代飾品設計及製作」選修課程學生為對象，共計 17 位（3 位男性和 14 位女性），包含本科系與跨科系加選學生，課程規劃以此類學生為對象，主要考量其已於大一與大二課程中具備研究方法、邏輯思考、美學與藝術史等基礎設計與執行能力，能有效理解設計思考模型與傳統工藝技術執行，且部分同學曾修習基礎金屬工藝設計課程，具備基礎金工操作能力。而本研究大多數學生皆為初次學習琺瑯工藝者，若無法於課堂後自主性反覆操作練習基礎技法，會影響對琺瑯燒製的色彩與時間的掌握度，以及創作時程的規劃，因此，研究對象以此為範圍與限制，其他對象則不在本研究之列。

3-3 教學流程與課程規劃

為瞭解掐絲琺瑯工藝以設計思考模式導入生成式 AI 課程，對學生創意發展與學習成效的影響，本研究將課程劃分為五個階段，如圖 5 所示。第一階段採用講述教學法（didactic instruction），制定工廠安全規範、設備與工具操作守則、當代工藝與琺瑯工藝背景等專業知識理論。第二階段則採示範教學法（modeling），教師將逐步示範琺瑯工藝的基礎技法，包括乾篩技法（shifting techniques）中的印章法、精油法與刮除法，延伸至玻璃珠技法（glass beads）、金銀箔技法（fine silver & fine gold foil）、畫琺瑯技法（painting techniques）中的石墨法，最後包含濕填技法（wet packed）；在此階段中，學生將製作基礎技法試片，以熟悉不透明、透明與半透明琺瑯的特性，理解不同色彩在燒窯時所需的溫度與時間；此外，透過不同技法的琺瑯粉堆疊，學生可以觀察不同色粉厚度在金屬上的燒窯效果，深入理解琺瑯的色

彩層次與表現力。第三階段採用設計思考（design thinking）方法，引導學生進行創作發想，本學期期末題目設定為「藍」，取自景泰藍中的「藍」字。學生可透過「藍」字的名詞或形容詞意涵，進行探索、定義、發展和執行四個設計思考階段逐步收斂構想。於此階段中，教師同步進行示範教學（modeling）帶領學生學習進階琺瑯工藝技法之掐絲琺瑯工藝（cloisonné）；而透過第二階段基礎技法訓練，可使學生於製作掐絲琺瑯時降低燒窯失誤。第四階段為第三階段的設計思考延伸，將發散的構想透過 AI 進行構想收斂與找尋關鍵字，進而以關鍵字進行 AI 圖像生成設計，生成後圖像再依掐絲工藝的需求進行修正，並可進行工藝實作期末發表所需的首飾套組。第五階段為學習成果發表，學生將進行期末評圖展示作品，隨後進行後測問卷與學習反饋搜集。量化研究部分，將比較第一階段的前測問卷與第五階段的後測問卷，分析 AI 設計導入在工藝實作與設計思考後，學生在創意表現與學習成效影響。質性研究方面，將透過學生的學習反饋心得及期末評圖中專家之評量進行深入探討。最後，透過質性與量化資料的交叉比對，歸納出研究成果與後續教學建議。

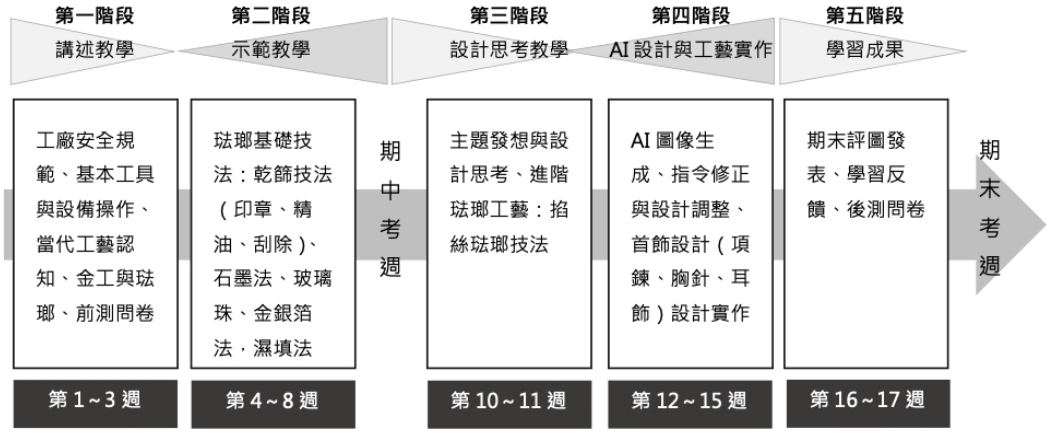


圖 5. 本研究教學流程與課程規劃

3-4 學習成就評量

本研究委請兩位在工藝領域的專家進行評圖，其中一位專家具有 10 年以上工藝設計創作經驗，並具有 AI 設計經驗，且持續從事當代工藝創作；另一位專家具有工藝設計創作與珠寶市場行銷經驗達 20 年以上，且持續進行當代複合媒材工藝創作，最後包含作者本人，共三位針對學生期末學習成果進行專家評圖。考量評審可能因個人偏好與經驗影響學習成就之評分，本研究於評審前皆向委員說明評量準則與尺度，並對評量項目與評分標準達到客觀共識。評量項目包括主題與故事性、素材與美感、技法與精緻度，其中「主題與故事性」指作品需從期末主題「藍」出發，而透過 AI 設計發展與延伸後的設計表現，須展現創意並富有想像力；「素材與美感」強調媒材應用與主題契合度，能根據主題體現當代首飾的美感與設計美學；「技法與精緻度」指基礎琺瑯技法與掐絲琺瑯工藝的應用，作品須具有傳統工藝的細節與高度的精緻度。本研究採用國立臺灣師範大學之成績 12 等級定義與百分制評量，並依據專家經驗與教學目標給予評分。個等級說明如下：「所有目標皆達成且超越期望：A+（90-100 分）（12）」、「所有目標皆達成：A（85-89 分）（11）」、「所有目標皆達成，但須一些精進：A-（80-84 分）（10）」、「達成部分目標，且品質佳：B+（77-79 分）（9）」、「達成部分目標，但品質普通：B（73-76 分）（8）」、「達成部分目標，但有些缺失：B-（70-72 分）（7）」、「達成最低目標：C+（67-69 分）（6）」、「達成最低目標，但有些缺失：C（63-66 分）（5）」、「達成最低目標，但有重大缺失：C-（60-62 分）（4）」、「未達成最低目標：D（50-59 分）（3）」「未達成最低目標，且令人失望：E（1-49 分）（2）」、「因故不核予成績：X（0 分）（1）」，其分數越高代表作品成果與學習表現力越佳。

3-5 量化研究與問卷調查

本研究透過問卷調查，瞭解學生於掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計課程中，其課前與課後之學習成效，針對學生在工藝實作與 AI 設計的自我創意效能與課程滿意度進行檢測，其量表項目說明如下。

在本研究中的工藝實作之創意效能參考黃宏宇、洪素蘋（2009）所提出的學生創意自效能量表，與方菁容（2023）提出人本創意學習思考之創意自我效能量表，主要分為三項構面：創意思維、創意製作和面對負面反饋與自我堅持；創意思維檢測題項有 4 題「當學習上遇到新問題時，我能很快聯想想到多種解決方案。」、「當我在面對具挑戰的任務時，我會嘗試新的方法解決。」、「面對具有挑戰性的作品，我會蒐集大量相關知識。」、「面對設計主題時，我總能想到別人意想不到的答案。」；創意製作檢測題項有 4 題「我可以設計並創作出令人驚艷的作品。」、「與他人相比，我相信我創作的作品更有創意。」、「我可以巧妙運用課外資訊或想法，使我的作品更有創意。」、「我認為我的作品不是很特別。（反向題）」；面對負面反饋與自我堅持題項有 4 題「就算老師不鼓勵我的創作方式，我還是會針對問題找尋不同解決方案。」、「就算老師不欣賞我的獨特觀點，我仍會盡情的發揮想像力。」、「當同儕中某人批評我的創意時，我會選擇放棄。（反向題）」、「當老師不接受我的創意成品或設計理念時，我仍會堅持自己的理想。」，問卷以李克特五點量表（Likert scale）來計算分數，選項分別為非常不同意、不同意、不太確定、同意、非常同意共五個選項，採 1~5 分來計分，總共 12 題項。學生於第一階段課程開始前進行前測問卷，並於第五階段成果發表後進行後測問卷。

課程滿意度調查問卷，參考並修正自方菁容（2023）提出學生對教師教學、課程與教材、專業知識三大面向評估。教師教學檢測項目有 4 題：「參與本課程，老師的整體教學方式與態度，讓我感到滿意。」、「參與本課程，有助於提升專業技能並應用於實務上。」、「參與本課程，有助於提升我對琺瑯工藝和 AI 生成設計的瞭解。」、「參與本課程，對我的設計實務有正向幫助。」；課程與教材檢測項目有 4 題：「對於本課程教師之課程內容安排，我感到滿意。」、「對於本課程教師之授課時數安排，我感到滿意。」、「對於本課程教師提供之教材，我感到滿意。」、「對於本課程教師之進行流程，我感到滿意。」；專業知識檢測項目有 4 題：「參與本課程，讓我學習 AI 生成設計科技與工藝設計知識。」、「參與本課程，讓我學習設計思考與琺瑯工藝知識。」、「參與本課程，讓我學習當代首飾與琺瑯工藝知識。」、「參與本課程，讓我明瞭具備設計思考和琺瑯工藝於當代首飾的重要性。」，共計 12 題，上述題目皆以李克特五點量表（Likert scale）來計算分數，選項分別由非常同意、同意、不太確定、不同意、非常不同意共五個選項，採 1~5 分來計分，填答分數越高，即代表學生對於課程學習滿意度越高。

3-6 質性研究與學習反饋

「創造力」（creativity）是創意教學發展與實踐的基本核心（林碧芳、邱皓政，2008），本教學實踐之質性研究，透過專家評圖學生作品，探討掐絲琺瑯工藝於當代首飾中的創造力表現，並提出課程安排與教學建議。此外，在期末成果發表後，藉由收集學生學習反饋心得報告，瞭解學生於琺瑯工藝製作過程與 AI 設計發展中的體驗與成果。反思內容共有五題，包括：「課程中的基礎琺瑯工藝課程是否有啟發？」、「課程中的 AI 生成設計是否對於自己的創意思考有所啟發？」、「整體課程與當代首飾設計的個人學習心得？」、「本學期最大的學習收穫？」、「學習過程中教師在教學上的優缺點？」

四、研究結果與分析

4-1 掐絲琺瑯工藝與 AI 設計之學習模組應用

4-1.1 工藝理論與基礎技法示範教學

本研究之教學實踐第一階段為工藝理論基礎，透過兩週課程講述專業知識、建立工廠安全守則與基礎工具操作示範為主，藉由授課內容，讓學生理解當代首飾中的工藝與設計差異、材質應用與琺瑯專業技術，並同步發放前測問卷，以瞭解學生於創作中的設計思考與 AI 使用經驗認知、對琺瑯工藝與設計應用之相互關係，以及工藝與科技設計跨域教學之創意自我效能評估。

第二階段為琺瑯工藝基礎技法之示範教學，內容包括從琺瑯乾篩工具的製作、紅銅片的鋸切與修磨，以及琺瑯技法的燒製。考量受測學生多為初次接觸琺瑯工藝，於本階段中，學生可自選主題進行基礎技法試片練習。透過四週的基礎練習，訓練學生在鋸切紅銅片時，穩定掌握鏤空造型與細節精準度，提升對於不透明與透明琺瑯堆疊時的色彩敏銳度，如圖 6 所示的琺瑯基礎技法教學成果，多數同學的自選主題構想呈現發散式創作模式，即為每項技法對應一個獨立的圖像，難以將多種技法整合到同一主題試片中。僅有兩位同學，能將多種基礎技法以統一的主題呈現，也反映出多數學生於工藝實作中的設計思考概念仍顯不足，當實作課程未有明確主題時，學生創作概念多為發散式思維，無法使作品聚焦，這也是本研究將 AI 設計導入課程之核心目標之一，旨在幫助學生收斂個人化主題，並發展成完整設計概念。

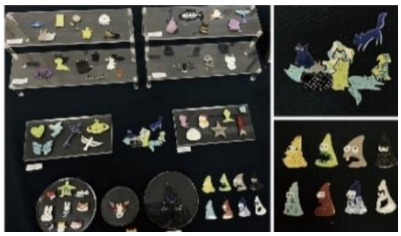
（a）

（b）

圖 6. 琺瑯基礎技法：（a）教學示範；（b）教學成果

4-1.2 設計思考與 AI 設計實作

考量學生對於設計思考概念較不足，因此第三階段的教學中將本學期期末題目定為景泰藍中的「藍」，透過設計思考教學方式引導學生進行設計思維的探索、定義、發展和執行，並逐步於第四階段課程中導入 AI 設計與掐絲琺瑯教學實作，而 ChatGPT 被視為提供目前各創意生成類別之最佳方案（Filippi, 2023）。

如圖 7 所示，本課程以設計思維中的雙鑽石模型進行 AI 設計操作，學生透過 ChatGPT-4o 於探索階段以課程主題進行發散性思考；於定義階段中，藉由 ChatGPT 的對話機制協助篩選與收斂，並以 3 至 5 組具代表性的關鍵字作為後續設計發展基礎。

於發展階段中，學生須在生成圖案前，先將教師準備之「掐絲琺瑯工藝文獻模組」導入 AI 系統中，使資料庫具有工藝知識基礎，其生成圖像才能更貼近實際操作的掐絲琺瑯首飾。該文獻模組彙整共 36 份琺瑯工藝學術文獻與工藝教學書籍，內容涵蓋琺瑯工藝發展歷史、釉藥製成原理、琺瑯技法製作流程、掐絲琺瑯圖紋原理與限制、當代琺瑯首飾設計等，作為訓練生成式 AI 圖像的重要參考依據。

學生透過收斂後的關鍵字輸入至 DALL・E 3 進行初步圖像生成，生成圖像透過反覆迭代與指令優化，主要優化與圖像修正面向包括：掐絲圖案之線條避免出現直線，改以曲線或可彎折的線條設計；色彩須依不同釉色之燒製溫度與時間差異進行配置調整；而琺瑯首飾整體設計則須考量配戴結構與設計美感，逐步使生成結果轉化為符合掐絲製作原理與工藝技術限制。進入執行階段時，學生從生成圖像中選

擇符合設計目標且具製作可行性的圖像作為設計基礎，進而執行掐絲琺瑯首飾製作，並最終完成具當代風格與工藝價值之首飾作品。

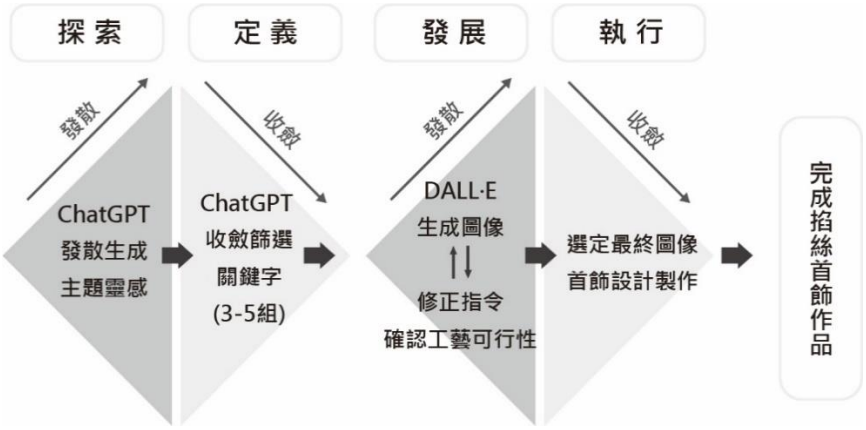


圖 7. 設計思考與雙鑽石模型之操作流程

生成過程如圖 8 所示，包含以 ChatGPT-4o 進行廣義的靈感發展、關鍵字發散與收斂、DALL・E 3 圖像生成、指令優化與最終首飾設計參考圖，具體展現學生於設計思考中的創作歷程。學生在探索階段以「藍」字為主題，透過自然元素、形容詞與名詞、感受意象等進行靈感蒐集，並以「植物」與「冰天雪地」為方向進行關鍵字發散，獲得的詞語句包含：冰霜花園、冰雪森林、結冰的藤蔓、冰河植物、雪花叢林、冰雕植物等。在教師的引導與學生共同討論下，學生選擇出植物類中的「葉子」與冰原型中的「水滴」，並將水滴轉化以動態意象「雨天」作為下階段圖像生成的主題。DALL・E 3 初步生成圖像呈現藍綠色調之葉珠元素，雖然色彩配置符合藍綠釉藥的特性，兩者燒製溫度與時間相近，有助於琺瑯熔融時的穩定性，但整體視覺排列分散，缺乏首飾中的聚焦主題與製作可行性，且圖中葉脈線條不夠彎曲，不利於金屬掐絲製作。

因此，學生透過已導入掐絲琺瑯工藝文獻模組，以及具工藝背景知識的 AI 系統，經由結合「楓葉」與「冰意象」反覆進行指令修正與圖像優化，並逐步修正內容，包括以楓葉為主題性的聚焦首飾構圖、加入冰意象的藍綠釉色變化、葉脈線條須乾淨明確並適合製作金屬掐絲邊框等關鍵語。隨著指令優化，生成圖像由自然散佈形式，轉化為葉型為主體之楓葉墜飾設計，其中葉脈線條曲線分明，有利於金屬掐絲與釉料填色，冰藍配色亦符合燒製過程中的釉藥穩定性。此歷程能大幅縮短以往傳統工藝教學中，教師與學生於創意構想及配色修正的時間，使學生能更專注於工藝細節的創意發展與設計深化，進而提升創意思維與實作能力。

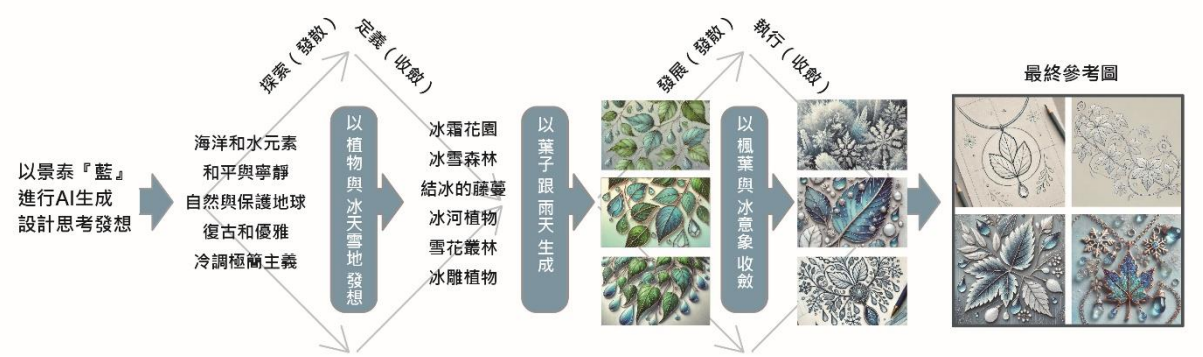


圖 8. 設計思考與 AI 圖像生成之設計成果

4-1.3 學習成果發表

第五階段為期末成果發表，如圖 9 所示，專家在評圖時給予一致肯定，認為學生能從零基礎開始學習琺瑯，最終完成設計並製作首飾套組，展現出顯著的學習成果。此外，相較於第二階段中學生普遍面臨的技法與概念分散問題，透過 AI 圖像生成技術，學生能有效整合多種琺瑯技法於同一主題上，使作品主題聚焦並具一致性，整體學習成效良好，僅有 3 位學生之作品數量與掐絲細節處理仍稍顯不足，但大多數學生皆能於作品中清晰表達個人創作觀點，展現個性化設計思維與詮釋能力，充分反應 AI 導入課程有助於創意發展，並於工藝教育推廣與應用中產生積極正向影響。

圖 9. 專家評圖與期末成果發表

如圖 10 所示，從左至右以五組作品舉例說明。第一件項鍊作品名稱為《寄夢於藍》，學生從藍色星海發展，以關鍵字「海浪」與「美人魚尾巴」進行 AI 圖像生成，將生成圖像中海浪堆疊的優雅線條以掐絲工藝呈現，並結合課堂中教授的琺瑯冷接鉚釘技法，使海浪為活動式結構設計，於配戴時展現靈動的生命力。第二件以胸針為例，作品名稱為《夢幻海洋》，學生以藍的夢幻色彩發展，將 AI 生成圖像中的藍紫色系色調應用於個人作品中，將原本 AI 圖像中的寶石以基礎琺瑯中的玻璃珠技法代替，成功模擬出 AI 圖像中自然與藝術交融的夢幻氛圍。第三件項鍊作品名稱為《冰霜之葉》，學生在 AI 關鍵字中從「葉子」及「雨天」，到以「楓葉」及「冰意象」進行圖像生成，並經反覆修正指令，最終收斂為呈現冬日寒冷中堅毅意象之項鍊設計；配色以藍白為主，應用掐絲銀線更展現出內心的堅定。第四件項鍊作品名稱為《星瀾遙遙》，構想源自人類探索宇宙的旅程，學生以「星球拼圖」為發想，以關鍵字行星軌道與星雲進行 AI 圖像生成，並以掐絲琺瑯技法製作項鍊主角土星環。為強化宇宙探險主題，學生將生成圖像中的各種星球，利用 3D 列印與金屬鑄造技術環繞於項鍊中，並以基礎琺瑯技法燒製外星人、太空船與火箭等元素為項鍊點綴細節，更能展現浩瀚星空的探索精神。第五件項鍊作品名稱為《夢想天使》，學生以「藍色的情緒」為主題，運中以關鍵字「無憂無慮」與「靜心築夢進行 AI 圖像生成，以掐絲琺瑯製作項鍊核心人物，而圖像中象徵夢想的翅膀，則以 3D 列印與金屬鑄造方式呈現，其翅膀設計為可活動式，於配戴時展現出自由飛翔的意象。

（a）寄夢於藍　（b）夢幻海洋　（c）冰霜之葉　（d）星瀾遙遙　（e）夢想天使

圖 10. 期末成果發表之作品成果

4-2 量化特徵之學習成效分析

為瞭解設計思考中 AI 圖像生成設計運用於當代飾品設計製作課程中，是否對創意自我效能的提升產生學習成效之影響因素，本研究以統計軟體 IBM SPSS23 進行創意自我效能檢測分析；同時，進行「設計思考的 AI 認知使用經驗」信度分析，以評估問卷之可靠性。分析結果顯示，其問卷「設計思考的 AI 認知使用經驗」測得 *Cronbach's α* 值為 0.846，符合學者建議門檻（$\alpha > 0.50$）（Cronbach, 1951），顯示整體具有良好的內部一致性，並可進行後續學習成就與創意自我效能之假說驗證。

4-2.1 設計思考的 AI 認知使用經驗之學習成效

本研究透過 IBM SPSS23 成對樣本 *t* 檢定，以分析學生於課程前測與後測中，在設計思考與 AI 設計認知使用經驗之學習成效影響，結果如表 1 所示。探索：構想與創意發想的後測（M=3.17, SD=1.23）結果優於前測（M=2.23, SD=0.97）；定義：資料搜集與分析的後測結果（M=3.29, SD=1.44）優於前測（M=2.25, SD=0.87）；發展：圖像生成與初步設計的後測結果（M=3.52, SD=1.12）同樣優於前測（M=2.41,SD=1.00）之結果；最後，執行：細節完善與設計呈現的後測結果（M=3.00, SD=1.32）也優於前測結果（M=1.82, SD=0.88）。綜上所述，各項指標顯示課程中以設計思考導入 AI 設計教學後，均呈上升之學習成效。

表 1. 設計思考的 AI 認知使用經驗之學習成效

項目		平均值（M）	標準差（SD）
探索：構想與創意發想	前測	2.23	0.97
	後測	3.17	1.23
定義：資料搜集與分析	前測	2.25	0.87
	後測	3.29	1.44
發展：圖像生成與初步設計	前測	2.41	1.00
	後測	3.52	1.12
執行：細節完善與設計呈現	前測	1.82	0.88
	後測	3.00	1.32

4-2.2 量化研究之研究假說驗證

本研究透過 IBM SPSS23 進行學生創意自我效能之信度分析，創意思維（α=0.56）、創意製作（α=0.75）、面對負面反饋與自我堅持（α=0.76）三項研究變數皆符合 *Cronbach's α* 值評估門檻（$\alpha > 0.50$），信度分析顯示題項具內部一致性，並可進行後續成對樣本 *t* 檢定分析與研究假說驗證。

如表 2 所示，假說 2 預期掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響創意思維，結果指出創意思維的後測結果優於前測（$\sqrt{M}_{前}$=4.23 > $\sqrt{M}_{後}$=3.63），並達到顯著性學習成效（t=-2.69, p<0.05），反映學生在教學實踐後自我效能有所提升，表示假說 2 獲得支持。

假說 3 預期掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響創意製作，結果指出創意製作的後測結果優於前測（$\sqrt{M}_{前}$=3.88 >$\sqrt{M}_{後}$=3.11），並達到顯著性學習成效（t=-2.8, p<0.05），顯示教學實踐具自我效能提升，因此假說 3 獲得支持。

假說 4 預期掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學正向影響學生面對負面反饋與自我堅持效能，結果雖顯示創意製作的後測結果優於前測（$\sqrt{M}_{前}$=3.72 >$\sqrt{M}_{後}$==3.45），但分析結果並未達到顯著性學習成效（t=-1.09, p>0.05）0.28（p<0.05），故表示假說 4 未獲支持。

表 2. 掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計教學之創意自我效能分析結果

項目		平均值（*M*）	標準差（*SD*）	*t*值	顯著性（雙尾）
創意思維	前測	3.63	0.45	-2.69	0.01*
	後測	4.23	0.67		
創意製作	前測	3.11	0.63	-2.80	0.01*
	後測	3.88	0.63		
面對負面反饋與自我堅持	前測	3.45	0.79	-1.09	0.28
	後測	3.72	0.67		

註：*p<0.05

4-2.3 專家評圖之學習成就驗證

研究假說 1 為：掐絲琺瑯工藝以設計思考導入 AI 設計之教學模組正向影響學習成就。研究分析結果如表 3 所示，專家在學生運用 AI 於設計發展「主題與故事性」（專家 1：*M*=85.56，專家 2：*M*=88.25，專家 3：*M*=85.68）、「素材與美感」（專家 1：*M*=85.56，專家 2：*M*=82.81，專家 3：*M*=84.68）、「技法與精緻度」（專家 1：*M*=83.93，專家 2：*M*=84.93，專家 3：*M*=85.50）三個項目根據本研究先前所提出評分等級，評分皆達 A−與 A 以上，代表「所有目標皆達成」，可視為一致性高分表現，且於期末評圖中給予學生高度肯定，給予作品建議為：「學生透過 AI 設計發想，主題多元豐富，創意十足，少數同學使用銀板製作很加分，大部分可以加強細節處理，提高作品完整度，可以嘗試搭配不同鏈條，增加作品趣味與豐富性，琺瑯色彩應用上，若時間允許應嘗試更多元配色，增加使用精準度。」、「利用 AI 生成圖像設計製作 3D 非常有趣，建議日後可以多比較不同 3D 蠟材料，嘗試運用不同的蠟雕形式，會讓作品更有層次及立體化；大部分作品色彩細緻，小配件部分的精緻度可以提高，整體來說，琺瑯色彩的呈現已經很精彩，但在技法層次與複合媒材應用上建議同學，可以於課後再鑽研，可以多去找不同廠商（鑄造廠、3D 廠、金工行）請教學習。」、「從設計思考導入 AI 設計再到當代首飾設計，從作品中可看出同學創意上的多樣性，運用鏤空搭配很精緻，鉚釘堆疊也讓作品很立體，成果十分豐富。」而專家給予未來課程與教案建議為：「可運用 AI 工具補強學生於工藝背景相關知識，透過理論激化實作能力。」「未來也許可以引導學生將作品積極投稿設計工藝相關競賽，不僅可以拓展眼界，也能提高學生自主性學習。」故假說 1 獲得支持。

表 3. 專家評圖之學習成果

項目		平均值（*M*）	標準差（*SD*）
專家 1	主題與故事性	85.56	8.86
	素材與美感	85.56	8.86
	技法與精緻度	83.93	8.09
專家 2	主題與故事性	88.25	5.23
	素材與美感	82.81	7.52
	技法與精緻度	84.93	7.24
專家 3	主題與故事性	85.68	9.72
	素材與美感	84.68	7.76
	技法與精緻度	85.50	8.94

4-3 課程滿意度分析

本研究之課程滿意度分析包括教師教學、課程與教材、專業知識檢測。如表 4 所示，三項中學生對專業知識之學習滿意度給給予最高評價（*M*=4.91, *SD*=0.26），於教師教學檢測項目中，滿意度最高為「參與本課程，老師的整體教學方式與態度，讓我感到滿意（*M*=4.94, *SD*=0.24）」，課程與與教材中，滿意度最高為「對於本課程教師提供之教材，我感到滿意（*M*=4.94, *SD*=0.24）」，專業知識中，滿意度最高為兩者，「參與本課程，讓我學習新 AI 生成設計科技與工藝設計知識、參與本課程，讓我學習當代首飾與琺瑯工藝知識（*M*=4.94, *SD*=0.24）」。

表 4. 課程滿意度分析表

項目	平均值（*M*）	標準差（*SD*）
教師教學	**4.86**	**0.23**
1.參與本課程，老師的整體教學方式與態度，讓我感到滿意。	4.94	0.24
2.參與本課程，有助於提升專業技能並應用於實務上。	4.88	0.33
3.參與本課程，有助於提升我對琺瑯工藝和 AI生成設計的了解。	4.76	0.43
4.參與本課程，對我的設計實務有正向幫助。	4.88	0.33
課程與教材	**4.86**	**0.28**
1.對於本課程教師之課程內容安排，我感到滿意。	4.88	0.33
2.對於本課程教師之授課時數安排，我感到滿意。	4.76	0.43
3.對於本課程教師提供之教材，我感到滿意。	4.94	0.24
4.對於本課程教師之進行流程，我感到滿意。	4.88	0.33
專業知識	**4.91**	**0.26**
1.參與本課程，讓我學習新AI生成設計科技與工藝設計知識。	4.94	0.24
2.參與本課程，讓我學習設計思考與琺瑯工藝知識。	4.88	0.33
3.參與本課程，讓我學習當代首飾與琺瑯工藝知識。	4.94	0.24
4.參與本課程，讓我明瞭具備設計思考和琺瑯工藝於當代首飾的重要性。	4.88	0.33

針對學生於學習反饋心得中的「課程中的基礎琺瑯工藝課程是否有啟發？」項目，學生 S11301 提到：「第一次接觸琺瑯工藝，非常新奇。雖然花費較多無論時間或金錢成本但產出來的成品非常漂亮，也算是習得了一種全新的表現方式，很高興能參與此次課程。」學生 S11302 表示：「從基礎開始學習，讓工藝基礎更扎實，讓我可以在期末作品中有更多元的技法呈現。」學生 S11303 認為：「從 8 種基礎技法出發，最後學習掐絲琺瑯，我覺得有從簡單到困難的教學模式很好，不會一下跳太多難度。」，學生 S11304 也提到：「剛開始甚至連琺瑯都不知道是什麼，後來經由老師的示範與指導，開始會運用琺瑯的色彩結合來做出成品，也學習的很多技法，未來可以應用在其他作品上，收穫良多！」。而針對「課程中的 AI 生成設計是否對於自己的創意思考有所啟發？」學習心得中，學生 S11305 提到：「能夠針對自己想要的大方向進行衍生發想，讓想法具象化。」學生 S11306 也認為：「每次將構思概念丟出來都能獲得意想不到的想法，有助於我往不同面向去往下繼續發展作品的設計。」學生 S11307 同樣認為：「能夠針對自己想要的大方向進行衍生發想，讓想法具象化。」學生 S11308 更反饋：「因為我本身是一個很不會設計或是畫畫的人，有 AI 的初步幫助構想雛形，最後自己再各方面整合成自己想要的作品，因此對我來說是非常棒的輔助。」且有多位學生提出「縮短沒靈感的時間、有給我蠻大的啟發、AI 對於主題可以延伸的素材

廣度不一樣。」等正向回饋。而針對「整體課程與當代首飾設計的個人學習心得？」學生 S11309 提到：「能夠看到自己的設計圖，轉化為實體的飾品，成就感真的很大，也很滿足，謝謝老師這學期的教導與幫助，很喜歡老師喔！」學生 S11310 也認為：「我覺得多了一個專業工藝技術，對我來說能夠給我很多的機會和創意。」最後，針對「本學期最大的學習收穫？」與「學習過程中教師在教學上的優缺點？」，學生 S11311 提出：「學會了好多不同的技法可以應用在飾品設計上，感覺未來多了一個不同的方向可以選擇。」學生 S11312 認為：「希望老師課程時數可以拉長一點，希望可以 4 小時比較符合製作時間。」學生 S11313 也認為：「老師上課真的很棒，給予學生很大的發揮空間與鼓勵。」

本課程透過課程滿意度量化研究顯示，學生於專業知識面向中，對 AI 生成設計、工藝設計及當代首飾與琺瑯工藝知識的學習最為滿意，與質性學習反饋相互印證。而學生透過 AI 輔助設計，得以提升自我創意思維，突破自身設計瓶頸，並將成果應用於掐絲琺瑯當代首飾作品中，顯示本課程之教學模組能有效提升學生的創意自我效能與學習成就，並展現 AI 與傳統工藝融合之教學價值。

五、結論與建議

人若要具創造力，須先熟知某一領域並具熟練的技能，較容易產生創意（汪美香、黃炳憲，2012）。過往工藝教學經驗強調實作能力訓練，但隨著科技與人工智慧的盛行，學生於手作課程中傾向追求速成，這對推廣工藝教育者而言是一大挑戰。而本課程教師如何在學生零琺瑯工藝基礎的情況下，嘗試以 AI 設計輔助提升創造力並引導學生進行工藝創作，經歷 16 週教學實踐與研究調查後，提出以下結論與建議：

1. 研究發現，本系學生於設計實作課程中較少運用 AI 圖像生成至工藝領域，而本課程所建立之掐絲琺瑯工藝教學模組對學生之學習成就具正向影響，因此對未來課程發展提供了重要的參考價值。建議未來將此設計思考與 AI 圖像生成模式延伸至其他工藝領域，以進一步驗證其應用成效，並持續優化 AI 科技與工藝的可行性與適用性。

2. 透過創意自我效能評估分析結果顯示，本研究之跨域教學模式有助於提升學生創意思維與創意製作，然而，儘管學生在面對負面反饋與自我堅持效能有所提升，仍不足以支持假說 4 的驗證。經與專家討論教案評估後，一致認為未來課程應加強學生的工藝背景知識訓練，透過理論學習增強在實作過程中的自信心，以有效提升其面對負面反饋與自我堅持的能力。

3. 課程滿意度調查結果顯示，學生於專業知識的學習項目最為滿意。而為進一步提升教學成效，專家建議於課程中增加複合媒材工藝訓練，並鼓勵學生於課後積極參與工藝展覽與競賽，不僅能強化專業技能，也能促進學生於 AI 輔助發想過程中多元視角與觀點的拓展，進而設計創作出更具當代意象的首飾作品。

4. 由於 AI 科技應用於掐絲琺瑯工藝的相關研究仍屬少數，建議未來課程中透過反覆操作與拓展不同工藝模組，提升 AI 在工藝設計教育中的推廣與實踐。本次教學過程中的不足與挑戰，亦可作為未來課程設計與改進之參考依據，進一步促進傳統工藝與 AI 科技跨域融合的教育價值。

參考文獻

1. Ball, R. (2006). *Enamelling*. London, England: A&C Black.
2. Bates, K. F. (1974). *Enameling principles and practice*. New York, NY: Funk & Wagnalls.
3. Brown, T. (2008). Design thinking. *Harvard Business Review*, *86(*6*)*, 84-92. https://www.researchgate.net/publication/5248069_Design_Thinking
4. Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*, 297-334. https://doi.org/10.1007/BF02310555.
5. Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends*, *66*(4), 616-630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y.
6. Filippi, S. (2023). Measuring the impact of chatgpt on fostering concept generation in innovative product design. *Electronics*, *12*(16), 3535. https://doi.org/10.3390/electronics12163535.
7. Goldman, S., Carroll, M., & Royalty, A. (2009). Destination, imagination & the fires within: Design thinking in a middle school classroom. *Proceedings of the 7th Conference on Creativity & Cognition, Berkeley* (pp. 371-372). Berkeley, CA: Creativity & Cognition. https://doi.org/10.1145/1640233.1640306.
8. Lee, U., Han, A., & Lee, J. (2023). Prompt aloud!: Incorporating image-generative AI into steam class with learning analytics using prompt data. *Education and Information Technologie*, *29*(8), 9575-9605. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12150-4.
9. Liban, F. & Mitchell, L. (1989). *Cloisonné enameling and jewelry making*. Mineola, NY: Dover Publications.
10. Stanford University Hasso Plattner Institute of Design. (2010). *An introduction to design thinking process guide*. Retrieved from https://www.planning.org/knowledgebase/resource/9272780/.
11. 方菁容（2023）。人本創意思考法導入在地文化整合行銷設計之教學成效。*設計學報*，*28*（4），73-94。

    Fang, C. J. (2023). The effectiveness of incorporating human-centric creative thinking into local cultural integrated marketing design. *Journal of Design*, *28*(4), 73-94. [in Chinese, semantic translation]
12. 王佳琪、楊琬琳、宋世祥（2024）。跨領域設計思考者特質量表之建構。*教育科學研究期刊*，*69*（2），135-172。

    Wang, C. C., Yang, W. L., & Sung, S. H. (2024). Development of a cross-disciplinary design thinker trait scale. *Journal of Research in Education Sciences*, *69*(2), 135-172. [in Chinese, semantic translation]
13. 王意婷（2022）。*思辨設計在當代首飾金工創作之實踐研究*（未出版博士論文）。博士論文。國立臺灣藝術大學，新北市。

    Wang, I. T. (2022). *Research on application of speculative design principles in contemporary jewellery* (Unpublished doctoral dissertation). National Taiwan University of Arts, New Taipei City, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
14. 丘增平、楊雅鈞（2023）。設計思考之團隊形塑力研究：團隊人格謹慎性特質在恆毅力對設計思考流程表現之調節效應。*設計學報*，*28*（4），49-72。

    Chiu, T. P., & Yang, Y. C. (2023). What is the team plasticity of design thinking? The moderation effect of team's conscientiousness and grit on design thinking process performance. *Journal of Design*, *28*(4), 49-72.

[in Chinese, semantic translation]

15. 江怡瑩（2024 年 9 月 20 日）。*2024 臺灣工藝論壇*。取自 https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf

Jiang, Y. Y. (2024, September 20). *2024 Taiwan Craft Forum*. Retrieved from https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf [in Chinese, semantic translation]

16. 李中豪（2015）。掐絲琺瑯工藝中線的應用研究。*中國工業設計協會設計月刊，21*，46-47。

Li, J. H. (2015). The line in cloisonne craft application research. design. *China Industrial Design Association Design*, *21*, 46-47. [in Chinese, semantic translation]

17. 李冠儀（2021）。*內在地圖－李冠儀當代首飾創作論述*（未出版碩士論文）。碩士論文。國立清華大學，新竹市。

Lee, K. Y. (2021). *Inner map art statement of contemporary jewelry by Kuan-Yi Lee* (Unpublished master's thesis). National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]

18. 阮志龍（1979）。工藝教育的教學價值。*師友月刊，150*，30-31。

Ruan, J. L. (1979). Gong yi jiao yu de jiao siao jia jhih. *The Educator Monthly*, *150*, 30-31. [in Chinese, phonetic translation]

19. 吳佩珊（2018）。當代工藝初探－以纖維藝術教育為例。*南藝學報，17*，29-45。

Wu, P. S. (2018). Research for contemporary craft: On fiber art education. *Artistica TNNUA*, *17*, 29-45. [in Chinese, semantic translation]

20. 吳竟鋌（2022）。*琺瑯藝術入門：色彩與溫度的對話*。新竹縣：苔蘚文化。

Wu, C. C. (2022). *The art of enameling color and temperature*. Hsinchu: Moss Limited. [in Chinese, semantic translation]

21. 吳奇（2024 年 6 月 27 日）。教育第一線視角下，生成式 AI 融入教學生態系的多模態。*翻轉教育*。取自 https://flipedu.parenting.com.tw/article/008926

Wu, J. (2024, June 27). Jiao yu di yi sian shih jiao sia, sheng cheng shih AI rong ru jiao siao sheng tai si de duo mo tai. *Flipped Education*. Retrieved from https://flipedu.parenting.com.tw/article/008926 [in Chinese, phonetic translation]

22. 吳淑麟 （2016）。當代金工的身體美學－跨越單純美感追求，以身體為舞臺的當代金工首飾。*臺灣工藝，60*，12-17。

Wu, S. L. (2016). The somaesthetics of contemporary metalcrafts: More than seeking the free beauty, modern metal jewelry on the stage of human bodies. *Taiwan Crafts*, *60*, 12-17. [in Chinese, semantic translation]

23. 余鑑（2003）。工藝教育思想的流變。*生活科技教育，36*（8），3-11。

Yu, J. (2003). Gong yi jiao yu sih siang de liou bian. *Living Technology Education*, *36*(8), 3-11. [in Chinese, phonetic translation]

24. 余欣潔（2023）。*AI 繪圖應用於國小高年級美術課程對學童創作表現之影響*（未出版碩士論文）。國立宜蘭大學，宜蘭市。

Yu, H. C. (2023). *The impact of artificial intelligence images application on creative performance of elementary school senior students in art courses* (Unpublished master's thesis). National Ilan University, Yilan, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]

25. 汪美香、黃炳憲 （2012）。專業技能與創造力的關聯：創意自我效能中介角色。*南臺學報，37*(4)，1-14。

Wang, M. H., & Huang, P. H. (2012). The relationship between professional skills and creativity: The mediating role of creative self-efficacy. *Artistica TNNUA*, *37*(4), 1-14. [in Chinese, semantic translation]

26. 林碧芳、邱皓政（2008）。創意教學自我效能感量表之編製與相關研究。*教育研究與發展期刊，4*（1），141-169。

Lin, P. F., & Chiou, H. J. (2008). Construction and related study of the inventory of self-efficacy for creative teaching. *Journal of Educational Research and Development*, *4*(1), 141-169. [in Chinese, semantic translation]

27. 林純萱（2024）。一鍵生成擊潰十年功？－生成式 AI 帶給設計人才的機會與挑戰。*臺灣經濟研究月刊，47*（9），106-112。

Lin, C. S. (2024). Yi jian sheng cheng ji huei shih nian gong – sheng cheng shih AI dai gei she ji ren cai de ji huei yu tiao jhan. *Taiwan Economic Research Monthly*, *47*(9), 106-112. [in Chinese, phonetic translation]

28. 林晏如（2023）。*「設計思考」於商管課程應用的可行性評估－樂活產業分析與行銷管理*。教育部教學實踐研究計畫成果報告（編號：PBM1110118），未出版。

Lin, Y. R. (2023). *She ji sih kao wu shang guan ke cheng ying yong de ke hang sing ping gu- huo chan ye fen si yu hang siao guan Li*. Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Number：PBM1110118), Unpublished. [in Chinese, phonetic translation]

29. 林榮泰（2013）。工不可沒・藝不可失－工藝與科技的對話。*藝術欣賞，9*（3），49-66。

Lin, R. T. (2023). Works cannot go unnoticed and art is not lost: Crafts and technology dialogue. *Art Appreciation*, *9*(3), 49-66. [in Chinese, semantic translation]

30. 林偉文（2021）。創意教學與創造力的培育－以「設計思考」為例。*教育資料與研究雙月刊。100*，53-74。

Lin, W.W. (2021). Creative teaching and the cultivation of creativity: The exemplar of design thinking. *Educational Resources and Research*, *100*, 53-74. [in Chinese, semantic translation]

31. 林承緯（2024 年 9 月 20 日）。*2024 臺灣工藝論壇*。取自 https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf

Lin, C. W. (2024, September 20). *2024 Taiwan craft forum*. Retrieved from https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf [in Chinese, semantic translation]

32. 施君（2015 年 11 月 23 日）。*創新與變革對傳統琺瑯工藝的意義*。中國藝術傢具雜誌。取自 http://www.sh1800.net/Magazine/NewsDetail/3272.html

Shih, J. (2015, November 23). *The developing of traditional enamel in innovation and transformation*. Retrieved from http://www.sh1800.net/Magazine/NewsDetail/3272.html [in Chinese, semantic translation]

33. 高文忠（2023）。AI 與 ChatGPT 對教育的影響與因應之道。*臺灣教育評論月刊，12*（7），68-71。

Gao, W. J. (2023). AI yu ChatGPT duei jiao yu de ying siang yu yin ying jhih dao. *Taiwan Educational Review Monthly*, *12*(7), 68-71. [in Chinese, phonetic translation]

34. 徐臺屏、王政忠（2024）。AI 融入教學的可行策略與教學示例。*師友雙月刊，644*，29-34。

Syu, T. B., & Wang, J. J. (2024). AI rong ru jiao siao de ke hang ce lyue yu jiao siao shih li. *The Educator Bimonthly*, *644*, 29-34. [in Chinese, phonetic translation]

35. 連瑀琁、楊俊明、黃鼎豪（2019）。以同理貫穿於設計思考流程之探討－以明志科技大學大一設計思考課程為例。*工業設計*，*139*，60-65。

Lian, Y. I., Yang, J. M., & Huang, D. H. (2019). The same principle runs through the discussion of design thinking process: Taking Mingzhi University of Technology freshman design thinking course as an example. *Industrial Design*, *139*, 60-65. [in Chinese, semantic translation]

36. 國立臺灣工藝研究發展中心（2022）。*臺灣工藝文化產業中長程計畫（112–115 年）*。取自 https://www.ntcri.gov.tw/home/zh-tw/programs

National Taiwan Craft Research and Development Institute. (2022). *Taiwan's craft culture industry medium- and long-term plan (2023-2026)*. Retrieved from https://www.ntcri.gov.tw/home/zh-tw/programs [in Chinese, semantic translation]

37. 國立故宮博物院（2022）。*謎樣景泰藍*。台北市：國立故宮博物院。

National Palace Museum. (2022). *The mystery of the jingtai cloisonné unveiled*. Taipei: National Palace Museum. [in Chinese, semantic translation]

38. 教育部（2019）。*AI 教育 X 教育 AI－人工智慧教育及數位先進個人化、適性化學習時代來臨！*。取自 https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=D4C4CD32CAE3FF5D

Ministry of Education. (2019). *AI education X education AI-the era of artificial intelligence education and digital advanced personalization and adaptive learning is coming*. Retrieved from https://www.edu.tw/News_Content.aspx?n=9E7AC85F1954DDA8&s=D4C4CD32CAE3FF5D. [in Chinese, semantic translation]

39. 張繼文、葉俊麟（2021）。回首包浩斯教育理念，展望臺灣工藝發展-以國立臺灣工藝研究發展中心「工藝新趣」專案為例。*設計學報*，*26*（1），21-37。

Chung, C. W., & Yeh, J. L. (2021). Reflecting the bauhaus education concept for looking forward at the development of Taiwanese craftsmanship- A case study on the "new fun in craft" project of national Taiwan craft research and development institute. *Journal of Design*, *26*(1), 21-37. [in Chinese, semantic translation]

40. 張孝評、劉汶霖（2024）。生成式 AI 在科技大學設計教學領域之翻轉與創議。*臺灣教育評論月刊*，*13*（11），88-93。

Jhang, S. P., & Liou, W. L. (2024). Sheng cheng shih AI zai ke ji da siao she ji jiao siao ling yu jhih fan jhuan yu chuang yi. *Taiwan Educational Review Monthly*, *13*(11), 88-93. [in Chinese, phonetic translation]

41. 陳曉菲（2022）。*以設計思考法提升學習成效之教學實踐*。教育部教學實踐研究計畫成果報告（編號：PHA1080197），未出版。

Chen, S. F. (2022). *Yi she ji sih kao fa shih sheng siao si cheng siao jhih jiao siao shih jian*. Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Number：PHA1080197), unpublished. [in Chinese, phonetic translation]

42. 梁紫祺（2020）。*潛境－梁紫祺無胎體琺瑯創作論述*（未出版碩士論文）。國立臺灣藝術大學，新北市。

Liang, Z. C. (2023). *Inner dimensions: Enamel without metal formation of Zih-Ci Liang's art practice* (Unpublished master's thesis). National Taiwan University of Arts, New Taipei City, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]

43. 黃宏宇、洪素蘋（2009）。建構效度檢驗之線性與非線性取向：以學生創意自我效能量表為例。*屏東教育大學學報*（教育類），*33*，489-513。

Huang, H. Y, & Hung, S. P. (2009). A study of examining construct validity on the scale of creative self-efficacy for students through both linear and nonlinear approaches. *Journal of National Pingtung University Education*（Education）, *33*, 489-513. [in Chinese, semantic translation]

44. 劉世南、楊佳翰（2021）。設計思考中的創意：釋義與造物的啟發。*中華心理學刊*，*63*（2），121-141。

Liou, S. N., & Yang, C. H. (2021). Creativity in design thinking: Inspiring sense-making and thing-making. *Chinese Journal of Psychology*, *63*(2), 121-141. [in Chinese, semantic translation]

45. 蔡銘修、林進益（2024）。生成式 AI 在大專院校工程教育中的挑戰與潛力。*臺灣教育評論月刊*，*13*（5），58-63。

Cai, M. S., & Lin, J. Y. (2024). Sheng cheng shih AI zai da jhuan yuan jiao gong cheng jiao yu jhong de tiao jhan yu cian li. *Taiwan Educational Review Monthly*, *13*(5), 58-63. [in Chinese, phonetic translation]

46. 鄭正雄（2024 年 9 月 20 日）。*2024 臺灣工藝論壇*。取自 https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf

Jheng, J. S. (2024, September 20). *2024 Taiwan craft forum*. Retrieved from https://event.culture.tw/userFiles/NTCRI/DownloadFile/01/40238/01/40238_01_403172.pdf [in Chinese, semantic translation]

47. 錢錦璐、胡蕾（2023）。*當代首飾中的創意思維的表現形式探索*。取自 https://www.hanspub.org/journal/paperinformation?paperid=71704#ref5

Cian, J. L., & Hu, L. (2023). *Exploration on the forms of creative thinking in contemporary jewelry design*. Retrieved from https://www.hanspub.org/journal/paperinformation?paperid=71704#ref5 [in Chinese, semantic translation

48. 顏榮泉（2024）。從認知處理觀點評論生成式 AI 對學習的影響。*臺灣教育評論月刊*，*13*（3），144-153。

Yan, R. C. (2024). Cong ren jhih chu li guan dian ping lun sheng cheng shih AI duei siao si de ying siang. *Taiwan Educational Review Monthly*, *13*(3), 144-153. [in Chinese, phonetic translation]

49. 羅靖妗（2021）。設計思考在課程教學上的困境及解決策略。*臺灣教育評論月刊*，*10*（12），82-86。

Luo, J. L. (2021). She ji sih kao zai ke cheng jiao siao shang de kun jing ji jie jyue ce lyue. *Taiwan Educational Review Monthly*, *10*(12), 82-86. [in Chinese, phonetic translation]

The Teaching Effectiveness of Integrating AI Design into Cloisonné Enamel Education through Design Thinking

Tien Li Chen* Zih Ci Liang**

* Department of Industrial Design, National Taipei University of Technology
chentl@ntut.edu.tw

** College of Design, National Taipei University of Technology
liang.chi.ci@gmail.com

Abstract

In the context of government-led artificial intelligence (AI) initiatives in education, traditional craft learning must evolve toward interdisciplinary collaborations. Cloisonné enamel, a manual-intensive craft, can enhance efficiency and teaching through technology. This study applies the Double Diamond design thinking model, incorporating AI-generated imagery into cloisonné enamel education. The goal is to develop a learning module combining AI-generated design with traditional craftsmanship, assessing students' learning achievement, creative self-efficacy, and teaching satisfaction. The research employs a progressive pedagogical approach that covers contemporary jewelry and craft theory, basic enameling training, design thinking, AI-assisted design, and hands-on craftsmanship. Students create contemporary cloisonné enamel jewelry reflecting personal creativity. Quantitative data were collected via pre- and post-tests, while qualitative research includes expert reviews and student feedback. Findings indicate that AI-assisted design thinking enhances pedagogy in craft design and production, fostering creativity. This interdisciplinary model positively impacts students' creative thinking; the highest satisfaction level was observed in professional knowledge. This study provides insights for improving enameling education and serves as a reference for integrating traditional crafts with AI-assisted design.

Keywords: Cloisonné Enamel Education, Contemporary Jewelry, Design Thinking, Generative Artificial Intelligence (GAI).