

柴燒陶藝表面效果分析與美感型式探討

張英彬

南開科技大學 電機與資訊技術系

通訊作者: 張英彬

聯絡地址: 南投縣草屯鎮中正路 568 號

電子郵件: cyp@nkut.edu.tw

投稿日期: 2014 年 9 月

接受日期: 2014 年 11 月

摘 要

本研究以「田口」工程實驗設計方法，應用於柴燒陶藝作品之表面效果分析，首先選定三種影響表面效果的控制因子：排窯位置、窯燒溫度及坯土，然後採用直交表 L_{18} ，表面效果設定為多目標函數：落灰、光澤為望大及火色之望小特性。其次，並透過實地訪談法質性研究的方法，來剖析柴燒陶藝作品之美感型式探討與燒成表面效果之探討，同時解決實驗設計無法考量全面性問題，以供柴燒家燒窯之參考。

關鍵詞：柴燒陶藝、柴燒家、表面效果、田口方法、直交表。

壹、緒論

中國最早的陶器出現於新石器時代早期。大約在距今 15000 年左右，首先在中國南方可能已經開始製陶的試驗，到距今 9000 年左右大致完成了陶器的發明和探索。呂琪昌 (2006) 提到 2000 多年前之漢代，在江浙地區已發現拉坯成形陶藝作品，入窯後利用「燒柴」之自然落灰熔融後形成局部釉面。

在台灣有七千年以上的歷史，台灣各地出土的史前陶器有紅陶、黑陶、彩陶，不過因為多數還沒有窯爐的燒陶技術，所以溫度在 800-1000 度左右，大約四百年前台灣引進窯爐燒陶的技術，用窯爐燒出有釉藥的陶器也大約只有兩百多年，台灣柴燒活動只不過近幾年光景，卻能在陶藝市場引領風騷並有著亮麗成績。歸其主要原因，無非是開放兩岸探親交流之後與海峽對岸之經濟起飛，大陸民眾對台灣文化懷有美麗憧憬及想像，再者；台灣陶藝作品富有獨特創意思維，有別以中國傳統陶藝作品。

從歷史觀點來分析探討「柴燒」是有脈絡可尋，最早是

由日本「大和民族」時期，六大古窯其中代表柴燒的兩大主窯口-備前燒與信樂燒，時間約為距今千年的奈良、平安時期。直到十六世紀中葉安土桃山時代由豐臣秀吉掌權，推行「茶陶」蓬勃發展的黃金時期，需要具有樸素優雅茶陶器來匹配，符合日本茶陶之自然美學主張，因此成為備前燒與信樂燒發展的新契機。

臺灣興起「柴燒」的旋風，除了來自於日本「柴燒」養分影響之外，與臺灣茶文化的崛起或多或少有直接關係，就精神層面而言，日本茶道經過四百多年的洗禮，強調幽靜玄妙的性靈追求與樸素含蓄的茶器功能，洗滌心靈與紓解生活壓力煩憂，有如宗教般意境的感受。在此氛圍情境之下，於似乎，柴燒成為高級茶器新指標，自然而然走入陶藝生活範疇。

本文綜覽國內外相關文獻及柴燒之陶藝創作藝術家，且蒐集柴燒相關資料後，整理分析擬定研究方向，藉由文獻收集後確立研究基礎與目標，首先對於發表「柴燒」相關主題之論文、期刊及研討會，區分成「創作」與「學術」文獻兩大類，進行多元性之文獻分析與探討。



一、創作文獻探討

陳志明 (2007) 以「謝正雄之柴燒創作品」為創作研究主題，作者認為過去柴燒作為陶藝原始燒成技巧之一，後因審美觀念的改變利用匣钵予以隔絕落灰、火痕破壞坯體之因素，然更由於技術與時代的變遷，原有的柴燒窯爐技術紛紛改建為瓦斯窯、電窯等，而在這樣的狀況下，謝正雄何以從傳統的燒成技術當中挖掘屬於個人風格的陶藝作品，是當中探討的焦點，從其自臺灣柴燒特色顯現的「漢寶窯」時期即參與投入至今日，一連串創作上的改變與思維，不論是柴燒特色的追求，另一方面更倚重現代陶藝的造型觀念不斷突破。

吳水沂(2009) 提出「塊體形式」(chunk) 是立體造形的表現與建構中基本的形式元素，將塊體堆積累加後會造成壅塞或阻擋的視覺性，產生出情緒的緊張與撞擊感，以及心理感知上可能的擴大效應。本研究論述主要在於探討：以「塊體」作為陶藝創作形式中，其特有的堆積性、累蓄性、以及擴大的能力表現意涵，以及所造成視覺的巨大的量能效果，藉以傳達土及土地意涵的恆久與壯闊性。

蔡宗隆(2010) 則以創作論述的命題為「寧靜的溫度-探討柴燒之造形與溫度的樣貌」，作者於 2005 年至 2010 年期間，透過薄殼造形與柴燒的表現形式，建立個人在創作上的觀點與陶瓷造形語彙，文中以寧靜意象及生命記憶的觀點，敘述個人所感知的寧靜空間，和幽暗呈現的寧靜感與創作之間的關係。同時闡述作品造形思維，透過材質的屬性、薄殼造形概念及簡化有機形體來描述作品的空間形態，也進一步說明作者的造形觀念如何呼應對命題的關注。最後，分析作品的開口形式與其發展歷程，以及探討柴燒的色澤與質感的表現手法。

陳炯銘(2008) 以工程方法應用於柴燒的窯爐種類與燒成影響因素，並針對鳳凰式窯爐進行深入的研究，探討各種對柴燒坯體表面效果具有影響的因素，進行鳳凰式窯爐的改良設計與燒製，並且透過直交表來實驗常用著色金屬氧化物對坯體表面的影響，輔以驗證窯爐的可行性，以尋求更多快速燒製的效果。

二、學術文獻探討

廖禮光 (2008) 探討從「1982 年~2009 年臺灣現代柴燒窯爐之調查與研究」，文中提起：「在臺灣現代柴燒陶藝發展的時間並不長，遲至 1982 年「漢寶窯」與 1984 年「華陶窯」成立後才逐漸形成，至今也才不到三十年。」但是，近十年來臺灣柴燒陶藝發展迅速，關心與投入的人越來越多，窯爐數量也驟增，已經到前有未見的地步，而且仍在繼續的發展中。文中透過調查與訪談，針對臺灣現代柴燒窯爐做為研究的

對象，經過統計與分析出臺灣柴燒窯爐的數量與種類，以及分布的區域與使用的情形。

鄧淑慧 (2003) 所發表《苗栗的柴燒陶藝》文章，介紹苗栗的柴燒陶藝風氣向來十分興盛，創作人口以及創作窯種之豐富，為所有縣市之冠。她認為柴燒是一種很不一樣創作形式，有別於其他媒材的創作方式，作品的成敗、質感的豐富與否，窯的設計佔了決定性的關鍵。一座柴窯的蓋築需要觀察、研究、設計、動工、實驗，需要相當的時間；一個真正投入的柴燒創作者甚至窮及一生的心力都在和「窯」不斷溝通、學習和挑戰。

高嘉祥 (2009) 針對苗栗地區柴燒陶藝與休閒之結合，對苗栗地區柴燒發展脈絡點切入，作者認為國人休閒生活改變，在既有的基礎上建構自我實現的創作舞台，並提供以「玩」、「遊戲」的文化性質，加入導覽方式的休閒活動教育觀眾，有關柴燒陶藝的相關知識及美感，觀眾從中獲得休閒益處、認知與態度，更藉由休閒活動增進親子關係。續以質性研究方法對選取的五個對象，華陶窯場域、雲心窯場域、化十窯場域、金龍窯場域與圳頭窯場域等五個場域進行分析比對。

賀豫惠 et al. (2002) 於「台灣工藝季刊」的特別報導「走訪苗栗青山窯」中指出：「以柴燒的發展趨勢觀察，苗栗將有可能是台灣未來的柴燒重鎮」。此地的創作者憑著對自然與地方的熱愛，已逐漸摸索出柴窯的燒成特性，他們以其豐富的創作力，為苗栗的柴燒開拓了更寬廣的空間，無論是創作陶或生活陶，都讓人有意想不到的視覺震撼。」

Lancet & Kusakabe (2005) 認為：「日本傳統柴窯燒成背後隱藏的文化和技藝，解讀數個世紀以來東方的神秘燒窯方法與日本製陶大師親述柴窯燒成的技法和經驗。」作者根據柴窯燒成作品的美感，柴窯建造方法，柴窯燒成方法及步驟，柴窯燒成的獨特效果，幾種特殊的燒成技術等相關知識」。兩位作者向陶藝愛好者以及鑒賞家詳細敘述柴窯燒成的意義、柴窯燒成的技術、陶瓷作品的釉面效果以及柴窯的建造方法等方面的知識。

Minogue & Sanderson (2000) 認為所謂柴燒是以木材作為燃料，藉由火焰於坯土上燒成產生色澤多變肌理而特別設計的過程。以現今之純熟技術，窯爐能夠在一個小時之內即可達到很高的溫度，許多陶藝家選擇自建柴窯需付出相當大勞動力，也需要不斷地關注整個造窯的程序。柴燒一件作品的那一刻起，便開始審視火的痕跡和經過火焰歷練之獨特面貌，同時涉及材料和技術層面。

「柴燒」陶藝作品及活動近幾年於海峽兩岸蔚為風潮，然而，柴燒作品之燒成的技術通常憑柴燒家經驗及試誤法來操作，並無一套科學實驗測量方法可供參考。有鑑於此，本



研究以「田口」(Taguchi) 工程實驗設計方法，應用於柴燒作品之表面效果之分析，研究結果找出柴燒陶藝作品的表面效果最佳化設計，可供柴燒家燒窯之參考。質化與量化研究並非相互平行的議題，其型態的研究在數方面有所差異，但在其他方面卻是互補的。兩種研究是可以結合具截長補短功能。可以透過歸納方式發展出理論，首先以量化的方法，對研究主題進行實驗設計，再根據研究問題的重點選擇專家深度訪談，可以幫助量化研究更具代表性及可信性。

貳、方法

一、創作三要素

柴燒是一種古老的技藝，燒窯之技術困難度相當高。作品的成敗則取決於土、火與人，三者關係彼此是環環相扣，缺一不可。柴燒火候控制關係坯土表面效果，尤其在剛開始燻煙期，使得坯體與窯爐內的水氣漸漸蒸乾。其次，柴燒陶藝家在陶土朔形階段，必須對「土性」了解須相當透徹，才能收事倍功半效果。吳水沂 (2009) 描述：「土質和土胎的配方是決定作品好壞的關鍵，柴燒的垂煉中，土胎與火交融」，經過火炬及火痕引出紅榴、黑榴、胡麻、閃光銀等顏色，甚至一件作品呈現七彩色澤，在溫和的火侯配合之下，表面亦能呈現斑駁點狀的特殊效果。最後，人為陶藝家創作者本身是柴燒主體，首先陶土製作時要掌握原始質感，燒窯過程要全身投入與親身駕馭火焰，同時觀看火五彩繽紛樣貌並掌控溫度精確自如。

柴燒之坯體表面燒成效果，經藉由木柴燃燒時所產生灰燼及落塵中元素鉀與鈉自然落灰釉來燒製陶器。坯體因正面有火痕然燒與背面遮蔽效應，產生明暗漸層的變化，作品呈現自然樸拙、色澤溫潤多變及耐人尋味氛圍，因此柴燒過程須吸取前人智慧經驗，有所謂「前段觀火、中段觀灰、後段觀火」說詞，柴燒作品完成則須經過「入炭」、「氧化」、「還原」、「落灰」等四大關鍵過程來進行，如圖 3 所示。



圖 1 柴燒四大關鍵過程

二、實驗設計田口方法

傳統的全因子實驗(full factorial experiment)，是將各因子和水準進行完整的排列組合實驗，獲得所有因子的主效果以及因子間交互作用的訊息。但是當實驗因子數增加時，完整的排列組合所需執行的實驗總數將以幾何級數增加。例如實驗設計中考量的因子共有 8 個，每個因子有 2 個水準值，完

整的排列組合的實驗總數為 $2^8 (=256)$ 。如果所要進行之實驗因子及其水準更多時，實驗總數更大亦即須要耗費更多的時間與成本。

為有效的縮減實驗時間與成本，在實際運用上考量上較為簡單可行的方式，田口 (Taguchi, G., 1987) 提出採用田口式實驗設計的直交表。田口式實驗設計的目的有二：一是降低製程變異，二是調整平均值至目標值。因此田口式參數設計利用訊號/雜訊比(Signal to Noise Ratio: SN 比) 將實驗中可預測的部份作為訊號，不可預測的部份作為雜訊，最大化可預測的部份並最小化不可預測的部份，以此來提昇品質降低變異。

(一) 直交表設計

直交表(orthogonal array)的種類繁多，一般均以代號如 $L_8(2^7)$ ，為本研究使用之直交表，其中 L 表示為直交表(Latin Square 之第一字母)，8 代表實驗組數，2 代表因子的水準數，而 7 代表可置入最多的因子數。

(二) SN 比(Signal to Noise Ratio)

信號雜訊比簡稱 SN 比是一種用來衡量品質的統計量度，單位以 db 表示，與品質損失函數有密切的關係。SN 比愈高，表示品質損失愈少，SN 比愈低，表示品質損失愈高。SN 比的定義為

$$SN = -10 \times \log_{10}(MSD) \quad (1)$$

其中，MSD 是偏離目標值的均方差，取 log 函數是為了改善因子效果間的獨立性，使 SN 比更具加法性，而乘以-10 有助於數據的處理與了解。

一般 SN 比依其特性可分為望大特性、望小特性與望目特性三種。

(三) 回應表與確認實驗

經過直交表的設計進行實驗後，將每一組實驗的 SN 比算出，並將各因子的各個水準計算其 SN 比的平均值，製成回應表；目的是為了要找出因子的水準中最具大的回應值，作為確認實驗的製程條件，回應值的計算式為

$$\bar{T}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \eta_j \quad (2)$$

其中 η_j 為某一因子的同一水準之 SN 比值， \bar{T}_i 為某一因子的同一水準之 SN 比平均值。

確認實驗的目的是用以確認被挑選的製程參數具再現性，即「加法模式成立」。確認實驗的第一個步驟就是預測最



佳條件下的 SN 比，其計算式為

$$\hat{SN} = \bar{T} + \sum_{i=1}^n (\bar{T}_i - \bar{T}) \quad (3)$$

其中 \bar{T} 表 SN 比的總平均值， \bar{T}_i 為具有顯著差異因子的最適水準 SN 比平均值。

三、美感型式探討

柴燒陶藝除了創作者在「造型」與「理念」的表達外，還有一種追尋質樸、溫潤、自然的美感，是現代瓦斯窯、窯電燒製的陶瓷所難以表現的。「柴燒」之所以吸引人之處，就在於她的美感表現變化萬千；可以是非常細膩優美，也可以是粗曠豪邁，可以狂放不拘，也可以是溫潤典雅。如圖 2 所示為本文所提柴燒美感型式分成心靈層次與造形創作兩大部分，心靈層次著重在感性的認知，造形創作則偏向於理性的思考。感性的層面在很長的時間被認為是理性認知的對立面。這個觀點被現代的新觀點所取代，即這個對立面是不存在的，理性的認知是必然通過感性的認識過程而被認識的，即使尖銳的邏輯學也能同時成為很高的審美價值。

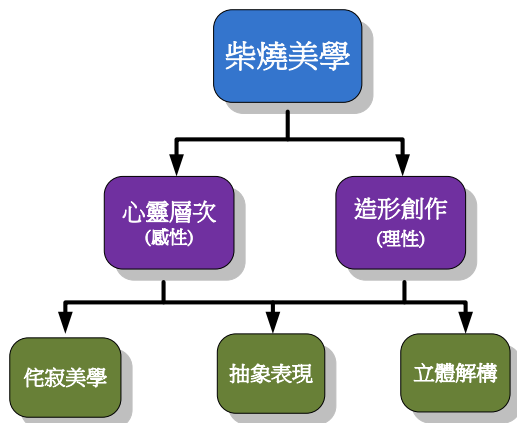


圖 2 柴燒美學的層次與造形

表 1 控制因子和水準數

因子	水準					
	1	2	3	4	5	6
A 排窯位置	前上	前下	中上	中下	後上	後下
B 窯燒溫度	1240°C	1260°C	1280°C		-	
C 坯土	柴燒土	白陶土	陶土		-	

二、柴燒實驗

圖 3 所示，為柴燒實驗進行選定在亞太創意技術學院之橫焰窯，表 2 為窯爐基本資料，每次實驗 18 件茶碗分擺放

參、結果

一、實驗設計之設定

(一) 選定品質特性

柴燒表面效果：設定為多目標的品質特性：落灰量、光澤與火色，其中落灰量、光澤為望大與火色為望小。

(二) 列出所有影響此品質特性的因子

影響柴燒之燒成效果的品質特性，不勝枚舉，針對主要影響因子部分來進行實驗，包括：排窯位置、窯燒溫度及坯土共三種，說明如下：

1. 排窯位置：前上、前下、中上、中下、後上、後下。
2. 窯燒溫度：1240 度、1260 度、1280 度。
3. 坯土：柴燒土、白陶土、陶土。

(三) 直交表設計

根據實驗設計之設定步驟，最後完成如表 1 所示為控制因子、水準數及表 4 之 $L_{18}(6^1 \times 3^2)$ 直交表和表面效果之設定。若全因子實驗法試考慮所有可能的因子變動組合，則共需要 54 ($=6 \times 9$) 組實驗，全因子實驗法沒有效率、需要太多組實驗，實驗成本太高。然而，本文採用田口實驗的直交表只需進行 18 次實驗，為全因子實驗法之實驗次數 1/3。

6 個不同位置，持續投柴加溫 3 天時間，待數日冷卻後開窯，圖 5 分別為窯爐柴燒前後不同位置對照。表 3 結果是由 5 位柴燒家針對三種不同坯土之表面效果：落灰量、光澤與火色轉化為量化數據後，再代入(2)、(3) 式獲得直交表之



燒成效果之 S/N 比做為品質的量化指標。為了讓資料更清楚地呈現，接下來要計算每個控制因子的變動量，分別針對三種表面效果的影響。如表 4~表 6 所示分別為落灰量、光

澤與火色因子反應表，其次，圖 4~圖 6 為三種表面效果之因子反應圖，係根據反應表的數據所繪製而成。



圖 3 亞太創意設計學院 橫焰窯

表 2 窯爐基本資料

窯爐基本資料	
窯爐形態	橫焰
外部尺寸	長6.6m,寬2.7m 高6m,煙囪高6m
燃料種類	雜木
窯爐內部容積	1.28m ³
窯爐設施	側投柴口/投炭口
燒窯頻率	約兩週一次



(a)柴燒前



(b)柴燒後

圖 4 柴燒前後比較



表 3 $L_{18}(6^1 \times 3^2)$ 直交表和燒成效果

實驗 次數	A	B	C	S/N (dB)			作品
				落灰量	光澤	火色	
1	前上(1)	1240(1)	柴燒土(1)	13.52	7.04	5.95	
2	前上(1)	1260(2)	白陶土(2)	15.69	14.7	6.87	
3	前上(1)	1280(3)	陶土(3)	16.89	12.5	3.80	
4	前下(2)	1240(1)	白陶土(2)	15.75	2.57	7.68	
5	前下(2)	1260(2)	陶土(3)	15.89	14.56	8.19	
6	前下(2)	1280(3)	柴燒土(1)	19.17	10.08	2.28	
7	中上(3)	1260(2)	柴燒土(1)	14.34	14.12	10.90	
8	中上(3)	1280(3)	白陶土(2)	10.52	11.14	7.41	
9	中上(3)	1240(1)	陶土(3)	0.43	2.75	1.11	
10	中下(4)	1280(3)	陶土(3)	10.96	10.92	1.74	
11	中下(4)	1240(1)	柴燒土(1)	1.26	2.87	1.11	
12	中下(4)	1260(2)	白陶土(2)	13.46	12.84	8.64	
13	後上(5)	1260(2)	陶土(3)	1.26	1.11	1.11	
14	後上(5)	1280(3)	柴燒土(1)	15.63	19.25	3.40	
15	後上(5)	1240(1)	白陶土(2)	14.57	1.11	10.81	
16	後下(6)	1280(3)	白陶土(2)	10.86	9.96	5.95	
17	後下(6)	1240(1)	陶土(3)	6.53	18.18	6.87	
18	後下(6)	1260(2)	柴燒土(1)	1.11	19.92	3.80	

三、表面效果最佳化估計

本文在表面效果最佳化估計，是採用 Minitab 16 軟體進行模擬分析，實驗目的是找出：落灰量、光澤及火色三組獨立柴燒最佳的因子及水準，使得作品有較佳表面效果。透過上述詳細分析之後，表面效果最佳化估計如下：

(一) 落灰量

本文設定落灰量品質特性為望大特性，換言之，坯體所

附著落灰量愈多愈好，5 次實驗數據代入計算，計算結果如表 4 所示為落灰量因子反應表，再繪製成圖 5 之因子反應圖，由圖中可知 A, B, C 因子各水準 S/N 比分佈趨勢，以 A 因子為例，曲線中第 1~6 水準的 S/N 比呈現上下振盪趨勢，第 2 水準的 S/N 比數值最大；其次，B 因子效用的平均數差異較小，第 1 水準的 S/N 比數值最大，是最好的選擇。最後，C 因子的第 3 水準的 S/N 比亦是數值最大，曲線有較大變異量也是最好的選擇。取各因子最佳配置組合 (S/N 比最大)如下



A₂ B₁ C₃ (4)

從(4)式最佳因子組合得知，欲讓坯體上附著更多的落灰量，應置於窯爐前排下方位置(A₂)，窯燒溫度設定在 1240 度(B₁)及使用陶土(C₃)，最後如圖 11 所示之示意圖。

表 4 落灰量因子反應表

因子	水準					
	1	2	3	4	5	6
A.排窯位置	15.36	16.93	8.43	1.85	5.72	0.01
B.窯燒溫度	9.08	7.92	7.96	-	-	-
C.坯土	5.53	4.17	14.16	-	-	-

單位：表中數字單位為 dB

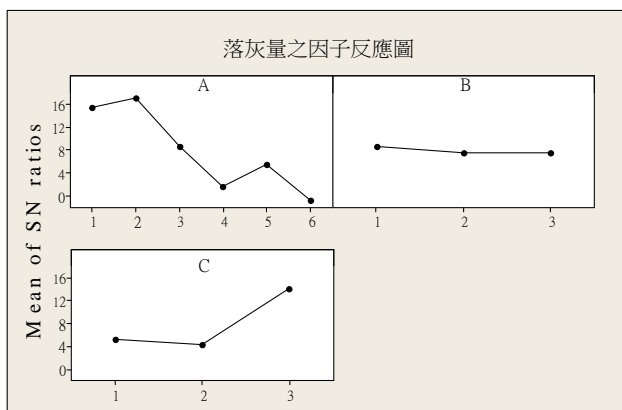


圖 5 落灰量之因子反應圖

(二) 光澤

設定光澤品質特性為望大特性，換言之，坯體所附著光澤愈多愈好，5 次實驗數據代入計算，計算結果如表 5 所示為落灰量因子反應表，再繪製成圖 6 之因子反應圖，由圖中可知 A, B, C 因子各水準 S/N 比分佈趨勢，以 A 因子為例，曲線中第 1~5 水準變化相當緩慢，直到第 6 水準的 S/N 比呈直線遞增且數值最大，是最好的選擇。其次，B 因子的第 2 水準的 S/N 比數值最大，為最好的選擇。最後，C 因子的第 2 水準的 S/N 比亦是數值最大，也是最好的選擇。取各因子最佳配置組合 (S/N 比最大) 如下

A₆ B₂ C₂ (5)

從(5)式最佳因子組合得知，欲讓坯體上產生更多的光澤，應置於窯爐後排下方位置(A₆)，窯燒溫度設定在 1260 度(B₂)及使用白陶土(C₂)。

表 5 光澤因子反應表

因子	水準					
	1	2	3	4	5	6
A.排窯位置	4.01	3.32	3.41	3.27	3.31	7.06
B.窯燒溫度	2.53	5.60	3.81	-	-	-
C.坯土	2.18	5.02	4.51	-	-	-

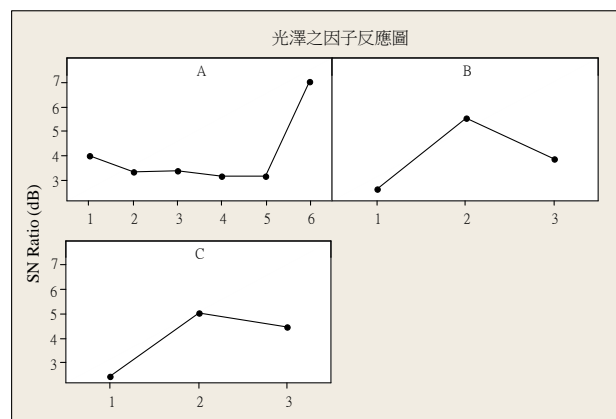


圖 6 光澤之因子反應圖

(三) 火色

設定火色品質特性為望小特性，換言之，坯體所附著火色愈小愈好，5 次實驗數據代入計算，計算結果如表 6 所示為落灰量因子反應表，再繪製成圖 7 之因子反應圖，由圖中可知 A, B, C 因子各水準 S/N 比分佈趨勢，以 A 因子為例，曲線中第 1~6 水準的 S/N 比呈現上下振盪趨勢，第 2 水準數值達最高點，是最好的選擇。其次，B 因子的 S/N 比變化較平緩，第 2 水準的 S/N 比數值最大，為最好的選擇。最後，C 因子的第 2 水準的 S/N 比亦是數值最大，也是最好的選擇。取各因子最佳配置組合 (S/N 比最大) 如下

A₂ B₂ C₂ (6)

表 6 火色因子反應表

因子	水準					
	1	2	3	4	5	6
A.排窯位置	1.63	2.13	2.02	1.0	1.38	1.62
B.窯燒溫度	1.63	1.73	1.51	-	-	-
C.坯土	1.82	2.09	1.06	-	-	-

從(6)式最佳因子組合得知，欲減少坯體上的火色，應置於窯爐前排下方位置(A₂)，



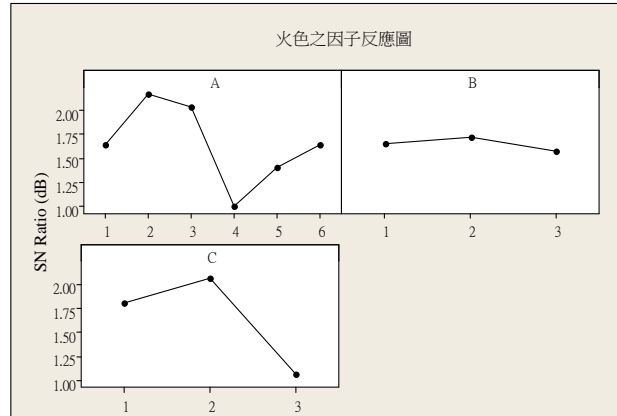


圖 7 火色之因子反應圖

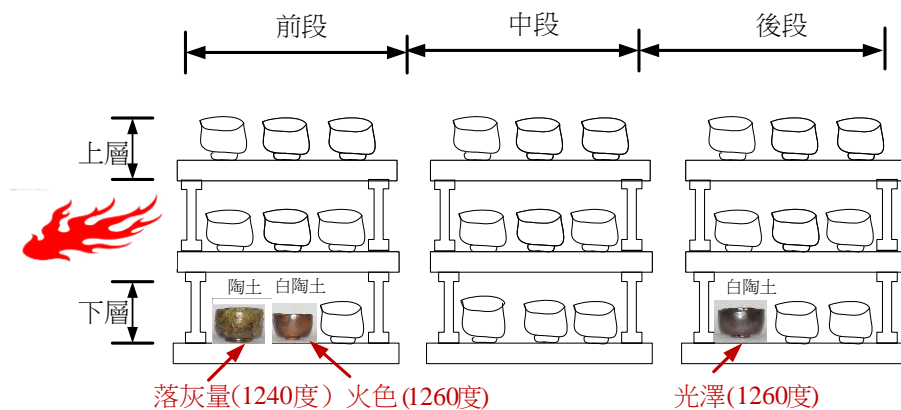


圖 8 三種表面效果之示意圖

窯燒溫度設定在 1260 度(B₂)及使用白陶土(C₂)，彙整如圖 8 所示之示意圖。

四、表面效果最佳化分析

決定最佳的表面效果參數之前，先仔細觀察圖 5~圖 7 三個因子反應圖。記住：望大的品質特性，S/N 比增加表示品質提高，意謂柴燒表面效果愈明顯、豐富及多樣化；反之，S/N 比減少表示品質降低，即柴燒表面效果較簡單與缺少變化。

(一) 排窯位置

整體而言，排窯位置可以說是最重要的一個控制因子，當位置由現有的設定值 (水準 3, 水準 4 之中上及中下位置) 移動至前上、前下位置時 (水準 2, 水準 1)，落灰量分別大量增加 6.93dB(=15.36-8.43) 與 15.08dB(=16.93-1.85)，而光澤也會稍微增加 0.6dB(=4.01-3.41) 與 0.05dB(=3.32-3.27)，火色的變異也略微減少 0.39(=2.02-1.63) 與 1.13dB(=1.0-2.13)，亦即排窯位置對於柴燒表面效果以落灰量有較大變化。

(二) 窯燒溫度

窯燒溫度是第二重要的控制因子。當溫度由現有的設定值 (水準 2, 1260°C) 降低 20°C 時(變動至水準 1,1240°C)，落灰量大量減少 1.16dB(=7.92-9.08)，而光澤也會大量減少 3.07dB(=2.53-5.6)，火色的變異也略微減少 0.1dB(=1.73-1.63)，因此溫度變化影響以光澤效果最為明顯。

(三) 坯土

坯土對落灰量、光澤及火色的效應也都算是相當影響。當坯土由現有的設定值 (水準 2, 白陶土) 換成柴燒土時 (變動至水準 1)，落灰量略微減少 1.36dB(=4.17-5.53)，而光澤反而大幅度減少 2.84dB(=2.18-5.02)，火色的變異也略微減少 0.27dB(=1.82-2.09)，因此坯土改變影響以火色效果最為明顯。

五、確認

所謂表面效果「最佳」化參數估計決定程序中，我們使用了一個假設：假設因子效應是獨立的。只有在因子間沒有交互作用時，因子效應才能獨立地考慮，(4)~(6) 式的結論才是可靠，否則此結論是值得懷疑的。因子效應能獨立地考慮



的含義也包括了因子效應可以疊加起來。譬如 $A_2B_1C_3$ 在最佳參數下 (7) 式

$$\eta = \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A_2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B_1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C_3} - \bar{\eta}) \quad (7)$$

六、預測值

由(7) 式所計算出落灰量 η_a 、光澤 η_g 與火色 η_c 的預測值如表 7 所示。

表 7 預測 S/N 比

因子	初始設計			最佳化設計		
	η_a	η_g	η_c	η_a	η_g	η_c
A	-2.56	-6.9	1.773	5.94	1.92	1.88
B	-3.03	-6.5	1.26	-1.91	0.46	1.48
C	3.17	-5.8	1.26	3.17	-0.12	1.84
預測值	8.57	8.89	4.09	18.19	7.4	5.45

七、變異數分析(Analysis of variance, 簡稱 ANOVA)

「變異數分析」的其中之一目的是評估實驗誤差 (experiment error)。有了實驗誤差之後，我們就可以使用實驗誤差為基準，評估每一因子效應在統計學上是否「有意義」(significant)。其次，「變異數分析」另一目的就是因子的「重要性測試」。分析項目包括：自由度(DOF)、平方和 (SS)、實驗誤差、貢獻度 (Contribution)及 F 檢定與 P_value。如表 10~表 12 所示分別為落灰量、光澤及火色的變異數分析表。

表 8 所示落灰量變異數分析，由分析所得的結果可以得知，柴燒表面效果較為顯著的因子只有排窯位置 A 因子的主

效果顯著存在 (P_value<0.05)，貢獻度佔亦高達 52.59%，顯示排窯位置影響表面效果落灰量最明顯，而由 F 檢定結果顯示各參數中以排窯位置為主要影響因素，窯爐溫度 B 因子對落灰量影響不大。

其次，表 9 所示光澤的變異數分析，只有窯爐溫度 C 因子的主效果顯著存在，貢獻度佔亦高達 28.88%，顯示坯土影響表面效果光澤最明顯。表 10 所示火色的變異數分析，表面效果較為顯著的因子只有坯土 C 因子，貢獻度為 13.16%，顯示坯土影響表面效果火色最明顯，B 因子基本上對火色影響不大。

表 8 落灰量的變異數分析

因子	DOF	SS	F	P	Contribution
A	5	60.9	2.57	0.002	52.59%
B	2	1.6	0.16	0.852	1.38%
C	2	15.4	1.63	0.225	13.30%
實驗誤差	8	37.9	-	-	32.73%
總和	17	115.8	--	-	100%

表 9 光澤的變異數分析

因子	DOF	SS	F	P	Contribution
A	5	144.9	1.08	0.437	22.26%
B	2	103.8	1.94	0.206	15.95%
C	2	188.0	3.51	0.040	28.88%
實驗誤差	8	214.2	-	-	32.91%
總和	17	650.9	-	-	100%



表 10 火色的變異數分析表

因子	DOF	SS	F	P	Contribution
A	5	2.7	0.23	0.937	11.03%
B	2	0.07	0.01	0.985	0.29%
C	2	3.22	0.70	0.048	13.16%
實驗誤差	8	18.48	-	-	75.52%
總和	17	24.47	-	-	100%

八、柴燒燒成表面效果之構面分析

本研究將事前所擬定的訪談大綱經與專家確認後，如附錄一所示，陸續邀約訪談對象進行訪談，將其訪談內容五大構面之架構與訪談對象進行訪談，首先針對附錄所提訪談大綱內容描述，列出所蒐集之相關著作、期刊、網站等文獻，並結合訪談與觀察法，將資料統合起來進行運用。並以附錄二柴燒家或稱為「窯主」之訪談的角度，分別彙整出柴燒不同構面所衍生訪談內容，如附錄三訪談整理結果。

(一) 柴燒起源

中國約在漢代末期，最早的原始瓷-江西清江吳城，就同時發現了自然落灰釉與人工施釉兩種不同的釉藥類型。當時釉藥尚未發展成熟，陶器的釉彩裝飾並沒有過多的變化，只有燒窯產生落灰附著於坯體表面簡單天然釉彩裝飾。然而，由於人工施釉之炫麗奪目的陶藝作品深受大眾喜愛，使得柴燒質樸作品幾乎銷聲匿跡。

(二) 台灣柴燒陶藝的源起

大約四百年前台灣引進窯爐燒陶的技術，使用窯爐燒出有釉藥的陶器也大約只有兩百多年，苗栗用木柴燒製上釉陶器的歷史至少有百年以上；用木柴燒陶和用「泥灰」製釉也是苗栗傳統陶瓷文化的一大特色。嚴格說來，強調以木柴燒窯時的特色，表現陶藝質地色澤之美，田中窯主與曜變天目窯之林錦鐘皆認為：「這個轉變應該從「漢寶窯」《田-葉-1》開始」。嚴格而言，強調以柴燒的質感特色，表現陶藝之美，應該從民國六十一年，苗栗仕紳賴驥才，創建「漢寶窯」開始，賴受日本陶藝家杉原鉉影響，醉心於不上釉的天然灰釉陶器。「漢寶窯」以生產花藝界要用的花器、老人茶具等，強調以柴燒的自然落灰為質感特色，因而吸引陶藝界、花藝界的青睞。至今苗栗柴燒窯《田-葉-2》已經也二百多座，佔全台灣之冠。(鄧淑慧，2003)

苗栗境內多山，木材供應無虞且人口較不密集，因此柴燒窯遍佈縣內各地，因此柴燒活動相當頻繁，也迅速成為地

域性特色。《南-陳-1》。

(三) 柴燒作品侘寂美學

田中窯主說：「台灣柴燒作品與日本有直接關係，例如台灣學習日本花道及茶道，這種以「和靜清寂」《田-葉-3》為美學飲茶的方式，需要大量拙樸之美《田-葉-4》的茶陶器用，其次，輕鬆愉悅的插花需要一些簡素隨意《田-葉-5》的花陶器用。」

柴燒作品藝術創作形式，最早始於日本。柴窯燒成在日本文化中占有重要地位，其影像力的形成絕非偶然。「侘寂」是日本至高無上的美學理念，它推崇自然之美，柴窯燒成的作品正符合「侘寂美學」的意涵。

田中窯主與林錦鐘咸認為：「台灣柴燒作品並不具侘寂美學(wabi-sabi)《田-葉-6》，主要原因是日本以千年悠久歷史才形成如今具體具象詮釋這向來被認為難以言喻說解、只能心領神會的日本美學概念-侘寂美學。台灣柴燒歷史並不長，並且對於茶道、花道，所謂「侘寂美學」的觀照追索與詮釋，只有“表面”效應而已，更何況此名詞為日本所有，台灣應有屬於自己一套美學中心思想。」

陳炯銘引申日本最引人注目的便是「茶道」。所謂茶道，就是通過點茶和飲茶對人們進行禮儀的教育和道德的修煉。千利休家族後來成為日本茶道的象徵。他不畏權貴，曾對當時的實權人物豐臣秀吉進行過冷靜地批判，並不斷地追求美的真諦，使茶道達到了一種「和敬靜寂」《田-葉-3》的深奧境界。

(四) 日本備前與信樂燒對台灣柴燒影響

備前縣的窯注重的是火候上的控制，作品燒成效果以火痕聞名，信樂縣則是以落灰的控制來達到上釉的效果。

「備前燒」日本六大古窯之一《田-葉-7》，位於岡山縣備前市伊部一帶燒製的陶器，已經有近千年的歷史。平安時代末期（12世紀）就出現了窯廠，所出產的茶具深受講究閒寂幽雅的茶人們喜愛，桃山時代（16世紀後半期）的一些名作至今仍受到人們的珍視。「備前燒」的魅力在於它的淳樸無華，既不上釉藥，也不繪彩，花費長達兩週的時間烘焙燒



結，在這個漫長過程中發生的窯變才是「備前燒」的命脈。

「備前燒」陶器使用的粘土耐火性差、收縮率大，遇上急劇的溫度變化時很容易破損，所以誕生了花費較長時間漸漸提高窯內溫度的焙燒技法。不過，這並不意味著一切聽從於偶然。

田中窯主對於日本備前、信樂燒之了解，相較於台灣柴燒陶藝的看法：「柴燒在台灣陶藝界定位尚未明《田-葉-8》，然而，台灣柴燒作品燒成效果並不亞於日本，甚至有過之而無不及，可以控制燒成多層效果，將柴燒陶的創作毫無保留的盡情發揮出來落灰效果，所產生各種色澤變化，是因落灰中的金屬氧化物受到氧化還原兩種作用所影響；其次，黏土肌理，坯體表面完全沒有施與釉藥，而且設法將坯體與落灰隔離，純粹靠陶土本身表現或粗獷或細膩的質感；最後，人為布局，不論是自然天成的，或人為刻意安排的，作品都必須經過人為精心的布局才能燒出好的效果。」

（五）柴燒環境

吳水沂 (2009) 認為大部分所使用的木材都是來自製材所〔鋸木廠〕裁掉的廢料，而且不忌諱使用任何材種，只要品質合乎需求就可以。會選用雜木廢料，原因在於：環保問題以及成本問題；通常這些都是要丟棄的，或是大批的賣掉充作燃柴，因此燃料的成本得以儘量降低；另外，全世界的柴燒工作者都有一個共識，那就是決不為燒窯而砍樹《田-葉-9》。

林瑞華，鄧淑慧 (100) 提出「環保柴燒」《田-葉-10》觀念，是回收被丟棄或不再應用的木材，作為燒窯製陶的元素，轉換為優質的陶器；同時透過柴燒過程控制溫度火候，使得現代柴窯符合節能與環保，幾乎不冒黑煙及節省薪柴。

田中窯主認為：「柴燒能成為地域性特色」。例如：苗栗的柴窯數量為全台灣之冠，柴燒陶藝風氣也十分興盛，創作人口以及創作窯種之豐富，為所有縣市之冠。陳炯銘(2008)以工程方法應用於柴燒的窯爐種類與燒成影響因素，並針對鳳凰式窯爐進行深入的研究，探討各種對柴燒坯體表面效果具有影響的因素，進行鳳凰式窯爐的改良設計與燒製，並且透過直交表來實驗常用著色金屬氧化物對坯體表面的影響，輔以驗證窯爐的可行性，以尋求更多快速燒製的效果。

陳炯銘 (2008) 認為柴燒的窯爐種類與燒成影響因素很多，並針對鳳凰式窯爐進行深入的研究，探討各種對柴燒坯體表面效果具有影響的因素。應用快速柴窯《南-陳-2》燒法在時間 6~12 小時之內即可完成，透過測試燒窯，結合鼓風機使用，發現短時間之內實驗窯爐可以高溫燒窯達 1290℃，可以提供陶藝工作者燒製陶藝作品使用的參考，不僅節省木材使用，而且達到節能減碳及環保目標。

（六）柴燒市場

田中窯主認為：「雖然日本備前、信樂柴燒作品有悠久歷史，不過，柴燒市場近年來受惠於大陸經濟崛起《田-葉-11》及大陸人民對日有仇視情結，使得大陸與台灣柴燒交流活動相當熱絡。目前銷往大陸柴燒作品偏向生活陶為主，如茶陶類器皿《田-葉-12》，因為以柴燒茶壺來泡茶，使得茶水在陶土的毛細孔能夠吸附雜質，加上遠紅外線的效果使得陶土能夠軟化水質達到淨化的功能。」

（七）柴燒特色

目前業界已將生活陶直接應用於日常生活器皿，創作陶則是為了表現自己理念，田中窯主認為：「柴燒作品是也能視為創作陶《田-葉-13》，目前在台灣柴燒界前輩或柴燒家之作品各有自己想法、理念及特色《田-葉-14》，不論使用任何方式燒成，如柴燒結合瓦斯或者電窯皆可。」其次，林錦鐘認為在台灣是柴燒的前輩或柴燒家之作品並沒有特色《曜-林-1》，主因是一味迎合大陸市場需求，無法創作出屬於自己獨特柴燒陶藝。

（八）柴燒研究範疇

當今有些柴燒家致力於改良窯爐，田中窯主描述：「突破改變燒成技術是一種創新作法，且能堅持自己想法。不過，對社會教育要有貢獻，不要處於太封閉狀態，時常與陶藝家多溝通及交流《田-葉-15》。」對於影響柴燒之燒成效果因素，包括土質、木材與溫度《田-葉-16》。而林錦鐘認為木材、人為與自然因素為影響柴燒之燒成效果因素之一，例如松樹中有油脂成份，透過然燒過程柴燒落灰才能產生曜變天目釉，值得一提的是：「投材因素《曜-林-2》才是真正影響柴燒之燒成效果重要因素。」林老師更進一步解釋，所謂「投材因素」包括：木材之材質、粗細、含水、含油脂成分多寡……等等。例如：田中窯主喜愛紫紅土，使茶陶類器皿表面之坯體產生黑色勻稱有光澤，他目前正攻讀博士班，希望學術研究可朝向質化研究《田-葉-17》來呈現，例如：一般我都使用自己穴窯來進行柴燒，因此未來嘗試採用不同窯爐來分析，探討作品之燒成效果差異性。

其次，古代柴燒常採用匣鉢改變燒成效果，其目的為了不讓落灰附著在坯體表面，以免破壞坯體的釉料發色，林錦鐘則提出不同見解：「我所研究曜變天目不用匣鉢，主要以運用不同窯爐特性達成所要燒成效果，如柴燒窯結合瓦斯窯《曜-林-3》方式，前半段首先以瓦斯窯加熱 2~3 天時間、溫度上升至 1260~1300 度，後半段才真正以柴燒窯來控制」。其次，林錦鐘老師為了解開南宋窯變(曜變)茶碗的千古謎



題，獨鍾釉藥及窯的研究，計畫將以柴燒 400 窯次、8 種窯爐及 1 萬個試片，將柴燒作品塗上釉色《曜-林-4》，經由窯爐情境與燒火過程，釉色及窯氣的無窮變化。由於窯型種類攸關燒成效果，因此具柴燒多年經驗陳威恩與連炳龍表示：「要控制坯體表面效果，如火色、土味、落灰，一定要使用隧道窯」《圭-陳-1》《龍-連-1》。

肆、結論

本文係結合質化與量化研究進行檢驗及驗證，在自然情境下進行體驗型活動，對柴燒現象進行整體的、動態的、情境化的探究，才可能獲得對場域現象及其意義的真正體會。換言之，以透過實地訪談結合實驗設計之多元個案研究，其中質性研究適宜微觀層面對柴燒現象進行比較深入細緻的描述及分析，對於柴燒場域進行個案調查，研究比較深入，便於瞭解過程之複雜性。

參考文獻

- 呂琪昌 (2006)。原始瓷壺-說柴燒。臺北市：陶藝雜誌第 50 期。
- 陳志明 (2007)。謝正雄柴燒創作作品之研究。未出版之碩士論文，台北市，國立臺北教育大學藝術學系碩士班。
- 吳水沂 (2009)。塊體·柴燒-陶藝創作的形式與媒材之研究。未出版之碩士論文，台北市，國立臺中教育大學美術學系碩士班。
- 蔡宗隆 (2010)。寧靜的溫度-探討柴燒之造形與溫度的樣貌。未出版之碩士論文，台北市，臺北藝術大學美術學系碩士班。
- 陳炯銘 (2008)。鳳凰式柴燒實驗窯改良設計與著色金屬氧化物對素坯表面效果影響之研究。未出版之碩士論文，高雄市，樹德科技大學應用設計學系碩士班。
- 廖禮光 (2008)。1982-2009年台灣現代柴燒窯爐之調查與研究。未出版之碩士論文，台中市，逢甲大學歷史與文物學系碩士班。
- 鄧淑慧 (2003)。苗栗的柴燒陶藝。苗栗縣：苗栗縣文化局。
- 高嘉祥 (2009)。從發現「秘密花園」探索苗栗地區柴燒陶藝與休閒之結合。未出版之碩士論文，彰化市，國立彰化師範大學美術學系碩士班。
- 賀豫惠、葉相君、林明卿 (2002)。柴燒美在苗栗。南投縣：台灣工藝季刊。
- Minogue Coll and Sanderson Robert, (2000). *Wood-fired ceramics: contemporary practice*. A & C Black (Publishers) London, UK and University of Pennsylvania Press.
- Lancet Marc, and Kusakabe Masakazu, (2005). *Japanese Wood-Fired Ceramics*. Iola Kansas Krause Publications.
- Taguchi, G (1987). *System of experimental design: engineering methods to optimize quality and minimize cost*, UNIPUB/Kraus International Publications.



附錄一 訪談大綱

構面	訪談內容
柴燒起源	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請問您對於台灣柴燒作品與日本關係為何? 2. 請問您對於柴燒作品具侘寂 (wabi-sabi) 美學之看法? 3. 請問您對於日本備前、信樂燒之了解, 相較於台灣柴燒陶藝的看法?
柴燒環境	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請問您認為柴燒對環保影響之看法? 2. 請問您柴燒如何能成為地域性特色?
柴燒市場	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請問您為何最近台灣柴燒活動相當熱絡? 2. 請問您柴燒作品未來的可能性及走向商品化、純藝術欣賞或生活化?
柴燒特色	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前業界已將生活陶直接應用於日常生活器皿, 創作陶則是為了表現自己理念, 如此分法您覺得是否合適? 2. 請問您認為柴燒作品是否能以生活陶視為創作陶? 請問您認為台灣柴燒的特色為何? 3. 相對於東方柴燒茶碗之創作, 您有何看法? 4. 目前您在台灣是資深陶藝家, 以您個人觀點而言, 目前在台灣柴燒界前輩或陶藝家之特色何在?
柴燒研究 範疇	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請問您對於當今有些陶藝家致力於改良窯爐有何看法? 如快速柴燒及電窯? 2. 請問您認為對於影響柴燒之燒成效果因素有哪些? 3. 請問您在柴燒陶燒成效果, 您認為哪一區塊適合做為學術研究? 4. 請問您認為柴燒之燒成效果是否能以質化或量化研究來呈現? 若是的話, 應該如何進行? 5. 請問您若有研究生撰寫碩士論文時, 將進行柴燒實驗時, 您是否願意提供燒成技術及窯爐提供之協助?

附錄二 訪談資料一覽表

窯名	窯主	窯型	訪談方式	地點	訪談時間(2014)
田中窯	葉志誠	橫焰	面訪	彰化	02/4 15:00
曜變天目窯	林錦鐘	下坡式橫焰	面訪	埔里	02/7 17:00
南雄窯	陳炯銘	半倒焰	面訪	高雄	02/15 09:00
圭窯新彩燒	陳威恩	橫焰式改良式穴窯	面訪	苗栗	02/20 09:00
龍山窯	連炳龍	橫焰	面訪	苗栗	02/21 09:00
觀窯	李仁帽	橫焰	面訪	台中	10/08 10:00



附錄三 訪談整理結果

構面	範疇	訪談整理結果 編碼說明：《窯名-訪談者-流水號》
構面一	柴燒起源	漢寶窯 《田-葉-1》 苗栗柴燒窯《田-葉-2》 和敬清寂《田-葉-3》 拙樸之美《田-葉-4》 簡素隨意《田-葉-5》 侘寂美學《田-葉-6》 「備前燒」日本六大古窯之一 《田-葉-7》 柴燒在台灣陶藝界定位尚未明《田-葉-8》 原生性《觀-李-1》 階級秩序《觀-李-2》 多面性《觀-李-3》 短視近利《觀-李-4》
構面二	柴燒環境	不為燒窯而砍樹《田-葉-9》 環保柴燒《田-葉-10》 地域性特色。《南-陳-1》
構面三	柴燒市場	大陸經濟崛起《田-葉-11》
構面四	柴燒特色	茶陶類器皿《田-葉-12》 柴燒作品也能視為創作陶《田-葉-13》 各有自己想法、理念及特色《田-葉-14》 柴燒家之作品並沒有特色《曜-林-1》
構面五	柴燒研究範疇	溝通及交流《田-葉-15》 土質、木材與溫度《田-葉-16》 質化研究《田-葉-17》 投材動作《曜-林-2》 柴燒窯結合瓦斯窯《曜-林-3》 柴燒作品塗上釉色《曜-林-4》 快速柴窯 《南-陳-2》 碳素《觀-李-5》 原礦土《觀-李-6》 節省人力與燃料《觀-李-7》



Analysis of wood-fired ceramics on the surface effects and beauty

Ying-Pin Chang

Department of Electrical and Information Engineering, Nan Kai University of Technology

Abstract

This paper presented a Taguchi method for determining the operation parameters of wood-fired ceramics on the surface effect. In this study, clay location, kiln temperature and varied clay were selected as major control factors; then, orthogonal arrays L_{18} were employed in experimental processes to reduce experimental numbers. The objective was to maximize ash, gloss and fire marks for wood-fired ceramics. Next, field interviews were applied to analyze aesthetic forms and surface effect for wood-fired ceramics. Finally, results of the illustrative experiment showed the feasibility of Taguchi method for the design of the operation parameters on surface effect for wood-fired ceramics and most importantly, they provided ceramist for reference.

Keywords: wood-fired ceramics, potter, surface effect, Taguchi method, orthogonal arrays.

