

釉彩的世界

■蘇展平

陶瓷上的釉彩千變萬化，是吸引陶藝家追求曠世不朽作品的動力。你知道釉彩是如何產生的嗎？



陶瓷與釉

陶瓷器是以黏土為骨材來完成造型，即所謂的胚體，再施予一層釉藥 (glaze)，然後入窯燒成。這一層釉不但可以防止水分滲透，同時可以增加胚體的機械強度，最重要的是可以美化陶瓷品。

簡單地說，釉就是一種玻璃，一種以二氧化矽為主結構的矽酸鹽玻璃。如果把原料之一的矽砂加熱到攝氏 1,800 度左右，會熔化成膏狀，快速冷卻就形成石英玻璃。加入大約 10~20% 氧化鉛、硼砂、或含鉀鈉等鹼金屬化合物的熔劑 (flux)，則可大大降低矽砂熔化的溫度至大約攝氏 1,000 到 1,350 度，再配以氧化鈣、氧化鎂或氧化鋅及少許氧化鋁等安定劑來加強其物理、化學穩定性，這就是釉藥。基本上，釉是透明無氣孔的，具有不透氣、不透水、耐化學侵蝕等特性的物質。

陶瓷釉和一般所見的窗玻璃、瓶玻璃等主要不同點，在於高溫熔融時的流動性。釉藥在窯爐內熔融時，必須保持一定的黏度，否則熔融的釉膏會往下流動，嚴重時釉藥會流到底部耐火板，把陶瓷器和棚板黏住，這就是流釉。想要熔化的釉膏黏稠而保留在胚體表面上，只要在釉組成中加少量氧化鋁即可。

此外，陶瓷釉與胚體的熱膨脹要匹配，才不會在窯爐燒成後的冷卻過程中，發生剝落或開裂現象。通常陶瓷釉的熱膨脹率比一般玻璃的低，這是在配方中加以調整的。

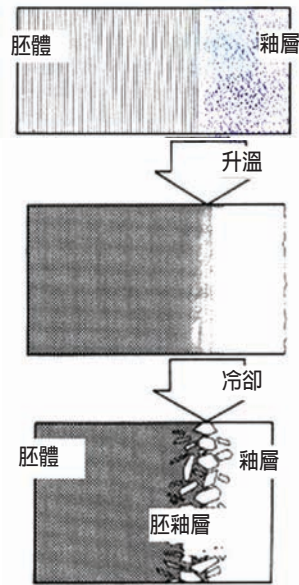
釉的配方與燒成

將矽砂配合熔劑、安定劑等原料加水混合磨細，就是釉漿。但熔劑類大多是可溶於水的鹽類，不適宜直接用作原料。製

陶人有個好辦法，就是大量採用長石為原料。長石類礦物是一種火山熔岩，常用的鉀長石含65%二氧化矽、20%氧化鋁、12%氧化鉀及3%氧化鈉，是一種已燒成玻璃質的天然釉藥。而且長石在攝氏1,150度就會開始熔融，正符合燒窯的溫度設計。因此常用的釉藥配方大多是以50%以上的長石為基礎，配合20~30%矽砂來降低熱膨脹值，再加入碳酸鈣或白雲石等安定劑。

在釉中另外會摻入約10%的黏土，讓釉漿有點黏性，施釉時易於黏著在胚土上，貯放時也比較不會沉澱。配方中很少單獨加入氧化鋁來提高黏稠性，因為它的熔點高，不容易溶於釉中，再說長石已含足夠的氧化鋁了。

燒窯時溫度控制的過程是製陶人最重要的工作之一。釉藥在窯爐內，就像鳳凰浴火一樣，要經歷多項的化學與物理變化，才能成為玻璃質的釉面。加溫到攝氏100~120度時水分會蒸發，攝氏400~900度時碳酸鹽類會分解出二氧化碳，攝氏900~1,100度時矽酸鎂、矽酸鈣生成，攝氏1,100~1,300度時矽酸鹽及長石熔融，



高溫燒成時，含鉀、鈉熔劑的釉會溶解部分胚土，冷卻時再結晶出來，形成附著良好的一層厚胚釉層。



由於胚與釉的熱膨脹相差太大，導致釉面龜裂開片。但如果控制得好，可以製作出釉面宛如玫瑰花瓣、多層次有立體感的冰裂紋釉。

於是形成玻璃質。

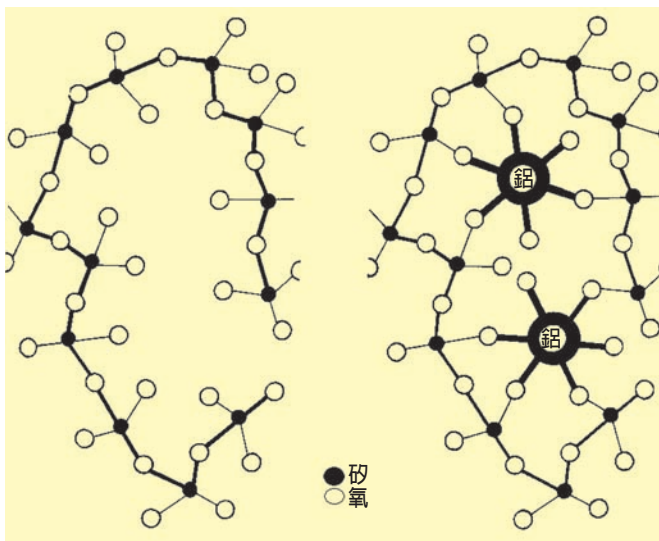
冷卻過程也不能大意。當溫度下降時玻璃黏度隨著增加，直到室溫時成為剛體。如果冷卻過快，胚土與釉層的收縮不一致，就會產生應力。應力過大時，釉會脫離胚體造成跳釉。

又因胚土內含多量未熔融的石英，在攝氏573度、280~240度和165~115度這3段溫度，有晶體相轉變的現象，會發生體積變化。因此冷卻到上述溫度時要慢，否則胚體會破裂。

冷卻到攝氏1,000度左右，釉中如果有過飽和的化合物如矽酸鋅，就會結晶出來。恆溫四、五個小時讓晶體長大，再熄火讓溫度自然下降，就是漂亮結晶釉的做法。

釉的顏色

在透明釉配方中，加入高溫不易分解且穩定的白色化合物，如二氧化鈦、氧化錫或矽酸鋁，入窯燒成後，釉層會變成白色。白色色料或安定劑的加入量太多或顆粒太大，釉面會變得平整，反射光成漫射狀態，則成無光釉。顆粒夠大時釉面變得粗糙，可以當浴室的止滑磚。



在二氧化矽玻璃的結構中，因為氧化鋁的牽制而增加黏性。



孫超先生的結晶釉作品

無機顏料的發色是由於色料中的分子或原子對入射光選擇性吸收其中某一波長的色光，而反射其補色色光所造成的。陶瓷色料的發色元素幾乎都集中在過渡元素，因為過渡元素電子層的組態及躍遷正好吸收了某一特定顏色的光子能量，例如氧化鈷就是因為吸收了紅色光，才會變成藍綠色。

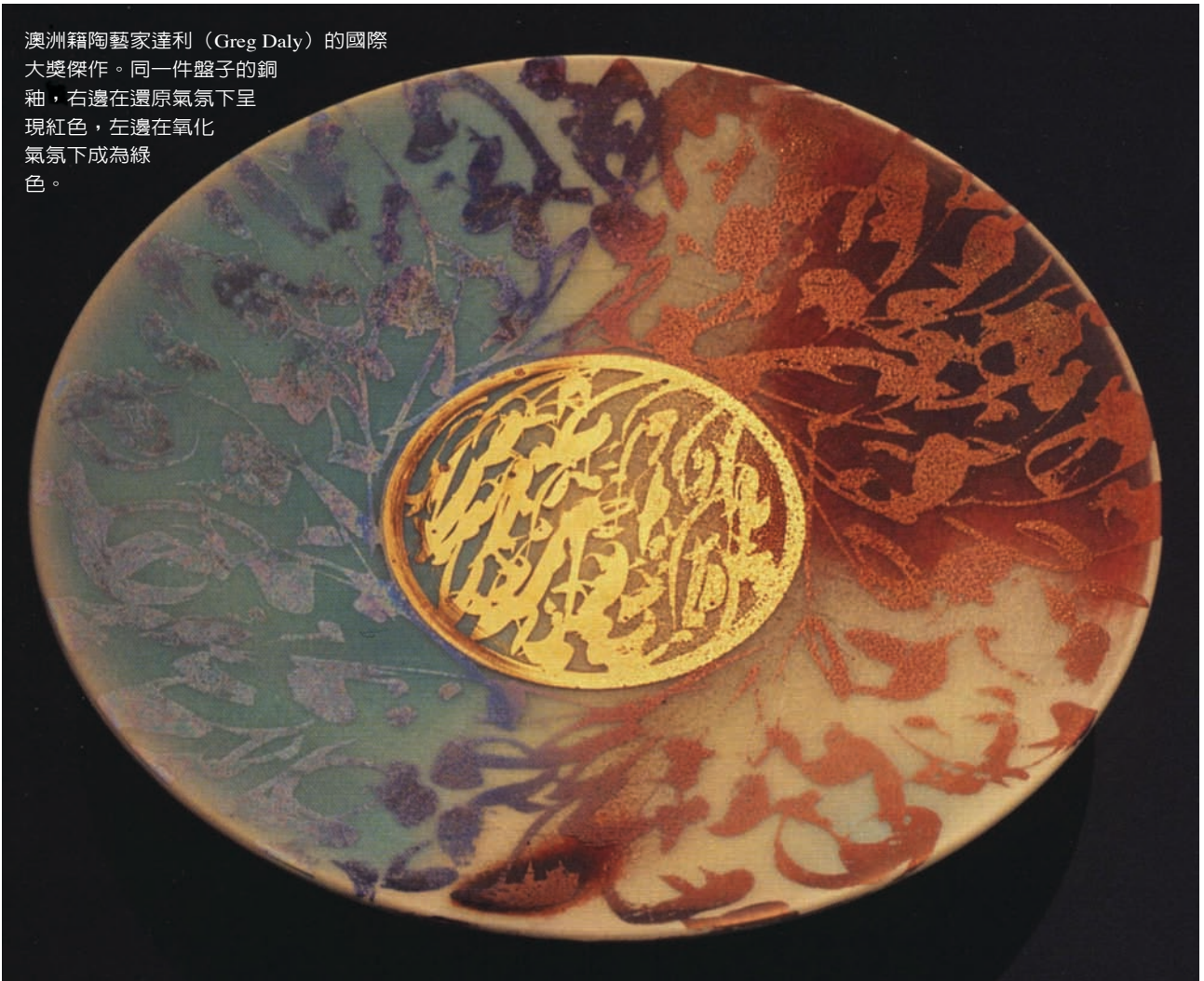
過渡元素又具有可變「化合價」的特性，同一元素可以有數種電子組態，因此能呈現多種顏色。譬如，同樣是鐵元素，卻有黃色、橙色、紅色、灰綠色、黑色等不同的顏色出現。這是因為任何元素所呈現的顏色，取決於它在釉系統中所生成的



同樣是氧化鐵，在還原焰下呈現灰綠色，而在不同氧化氣氛下，顏色由黃轉紅。

化合價。因此，依窯爐內氧氣量的多寡，可使鐵變成紅色的氧化鐵、低價暗藍綠色的一氧化鐵、黑色的四氧化三鐵或各種價數的混合物；銅在氧化氣氛下生成綠色的

澳洲籍陶藝家達利 (Greg Daly) 的國際大獎傑作。同一件盤子的銅釉，右邊在還原氣氛下呈現紅色，左邊在氧化氣氛下成為綠色。



二氧化銅，在還原氣氛下則變成紅色低價的一氧化銅。其他過渡元素像鈷、鎳、鈦、鈇、錳等，也都有這種現象。

色料周圍的基礎釉組成和類型及其他離子也會影響色料的呈色。例如氧化鐵在長石釉中呈紅褐色，在鉛釉中變成黃色；氧化鎳在石灰釉中呈橄欖綠色，在鉛釉中則變成黃綠色。由於鉛離子的存在，而影響了釉的呈色。

綠色的氧化鉻如果分散在剛玉型氧化鋁載體晶格中，因為電子層受到壓縮，需要較大的能量躍遷，因而吸收了光能量較強的藍綠色部分的光波，色料晶體變成其互補的紅色。紅寶石的呈色也是這個原

因。

因此，色料種類、釉藥組成、施釉厚度、窯燒時間、爐內氣氛等條件都會影響到陶瓷藝品的顏色，也因為有這麼多的不確定因素，陶瓷釉的顏色真是千變萬化。陶藝家在打開窯門時，那一刻興奮的心情是可以想見的，他們心裡總是在問：曠世不朽、獨一無二的作品終於降臨了嗎？

釉是一種以二氧化矽為主結構的矽酸鹽玻璃。

在做為原料的矽砂配料中加入鹼金屬化合物的熔劑，以降低矽砂熔化的溫度，再配以氧化鈣、氧化鎂或氧化鋅及少許氧化鋁等安定劑，這就是釉藥。



工業用陶瓷 色釉料

發色金屬氧化物如果溶於釉藥內，因價數改變，顏色也會跟著轉變。但瓷磚、碗盤、衛浴瓷器等工業產品，要求品質劃一，顏色穩定，因此須選用在高溫下不溶解於釉藥內的有色礦物晶體—陶瓷色料。比較常見的有黑色或棕色的尖晶石型色料、氧化鉻分散在矽石內的瑪瑙紅，還有鋯英石型的土耳其藍（鈦鈳藍）、鈳鐵紅、鈳錳黃，以及把高溫不穩定的錳錒紅色料包裹在矽酸鈳晶體內的包裹色料。

關於這類的晶體，二次大戰後才開始

清康熙青花釉裡紅三足洗，青花主色料是氧化鈷，紅色是氧化銅，以還原燻燒成。

有人在實驗室研發合成的方法，大約40年前才有工廠正式生產。陶瓷色料要求在高溫時不溶解於釉中，因此能保持原色及不透明的晶體型態。但能夠在攝氏1,000度以上穩定的有色晶體礦物並不多，因此，陶瓷色料的種類遠遠落後在有機染料、塑膠色料和印刷油墨色料之後。這塊

如果先在胚體上以色釉料彩繪，再施塗一層透明釉後入窯燒成，就是所謂的釉下彩。如果在已燒成玻璃質的釉面上作彩繪，再入窯，以較低的溫度燒成，則稱為釉上彩。



釉上彩是在已燒成玻璃質的釉面上作彩繪，再入窯，以較低的溫度（攝氏 800 度左右）燒烤而成，顏色鮮明活潑。

繽紛的園地還有待開發。

釉的彩繪與印刷

色釉料也常用於陶瓷彩繪。如果先在胚體上以色釉料彩繪，再施塗一層透明釉後入窯燒成，就是所謂的釉下彩。釉下彩釉面平滑，色澤內斂。到明、清兩代，景德鎮的青花瓷器成爲中國瓷器生產的主流，青花釉裡紅更是箇中翹楚。如果在已燒成玻璃質的釉面上作彩繪，再入窯，以

生產線上膠滾印刷正在進行，一隻膠滾印一種顏色，瓷磚經過套色後，入窯燒成，就成了一塊塊漂亮的瓷磚。



較低的溫度（攝氏 800 度左右）燒成，則稱爲釉上彩。釉上彩料是以色料和低溫釉藥調配而成，燒成溫度較低，色料不易分解變色，色澤也比較鮮艷，用手觸摸可以感覺到浮凸的彩料。

碗盤、馬克杯的圖案是經由轉印紙而來的。以釉上彩料用網版印刷的方式，把圖案印在轉印紙上，再剪下貼在已燒成玻璃質的釉面上，入窯烤花（約攝氏 750~800 度）即成。

現代瓷磚的生產已完全自動化，從胚土的調配、壓胚、施釉、印刷到入窯燒成、包裝一氣呵成。其中印刷的技術更是日新月異，傳統的網版印刷已逐漸由膠滾印刷所取代。現在更有廠商利用噴墨印表機的原理，研究瓷磚的噴墨印刷。只要奈米色釉料的初級顆粒、分散、懸浮等相關問題得以解決，以後瓷磚的印刷會更快更精美，少量多樣的瓷磚製造也不是問題。 □

蘇展平

聯合大學材料工程學系