

陶藝塞格式釉方數值與比率之最適區間研究

李堅萍*

摘 要

依據塞格式釉方的數值與比率，即能預測釉方良窳與透明度，頗具價值；但文獻對塞格式數值與比率的定義紛亂，故本研究以實驗研究法，研究目的為：(1)闡釋塞格式釉方表示式的涵義與特質，(2)實驗塞格式釉方中值與酸值之最適區間，(3)實驗塞格式釉方鹼酸比與中酸比之最適比值。經第一階段實驗 144 個釉方，收束實驗範圍，第二階段縮小級距再定義 72 個實驗釉方，以(1)熔融度、(2)流動性、(3)黏著度、(4)縮凝性、(5)透明度、(6)皸裂度、(7)結晶粒等七個指標判讀燒成結果，結論：(1)塞格式釉方以 $RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$ 表示，內涵精確、易於流傳且可預測良窳；但計算與轉換程序極其繁瑣，且必先備資料方能進行，頗不便利。(2)塞格式釉方數值之中值最適區間為 0.2 至 1.0，酸值最適區間為 2.0 至 10.0。(3)塞格式釉方比率之鹼酸比值最適區間為 3.4 至 6.5、中酸比值最適區間為 6.4 至 10.1。

關鍵詞：陶藝、釉藥、塞格式釉方

* 李堅萍：國立屏東教育大學視覺藝術教育學系副教授

投稿收件日：95 年 02 月 24 日；修正日：95 年 06 月 01 日；接受日：95 年 06 月 07 日

陶藝塞格式釉方數值與比率之最適區間研究

李堅萍*

壹、緒論

一、研究動機

泥土所獨具的高親和力與易造形性，使陶藝成為最受學生歡迎與教師鍾愛的視覺藝術工藝創作課程之一；但相對於陶土成形技法如此容易，陶藝釉藥卻具有頗高深的知識內涵與頗具難度的技術門檻。中小學教授陶藝課程的教師應該都會有這樣的經驗：即使已經參考陶藝書籍文獻中的眾多釉方，依樣畫葫蘆，試驗多次，卻始終燒不出書中的釉色與效果，常令教師挫折感橫生。

這是因為影響陶藝釉藥燒造的變項高達十八項（李堅萍，2003），而只要陶藝教師的燒造情境與陶藝書籍作者的燒造情境，在這些變項上有「些微」差異，即無法燒造出書籍文獻釉方所顯示的效果與色彩。陶藝釉藥這種「失之毫釐、差以千里」的特性，雖然使陶藝專業創作者每次燒造均有「充滿不可預期結果的樂趣」；但對有進度時程與成本壓力的學校陶藝教師而言，足以令教師挫折感大生，使教師視釉藥試驗以尋找可用釉方為畏途。

由於常用的重量比率表示式試釉法—三角座標試釉法，極容易理解與實施，所以一直是陶藝創作者普遍使用的試釉法之一；但研究（李堅萍，2004）顯示：三角座標試釉法可尋得成功釉方的比率僅約二至三成。換言之，每次使用三角座標試釉法都會有約七成以上的時間、精力、釉藥原料白白耗損掉。這樣的效能對教學庶務繁忙且有進度時程與材料費用壓力的學校陶藝教師而言，效能實在太低。

* 李堅萍：國立屏東教育大學視覺藝術教育學系副教授

因此，另一種以莫耳當量表示式的試釉法——塞格式試釉法，號稱自塞格式釉方表示式「 $RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$ 」中，即能「預測」燒成溫度、釉方良窳與透明度——無需窯燒試驗，便能直接判斷釉方可用否。換言之，無須經歷冗長的試片製作與燒造實驗，單僅就塞格式釉方的釉原料計算與判讀，即能獲得成功釉方。果真如此，則不僅比三角座標試釉法的成功率高出許多，也幾乎破除了「釉藥燒成結果難以預期與控制」的魔咒。

但是從既有文獻可以發現：據以預測塞格式釉方燒成能否成功最重要的依據數據：「中值」、「酸值」、「鹼酸比」與「中酸比」等數值與比率，各家文獻說法竟都不同（楊繼文，1969，頁 139；程道腴，1972，頁 121；陳祥德，1980，頁 96；何啓民，1983，頁 78；程道腴、湯大綸，1986，頁 45 與 53；劉良佑，1992，頁 81；陶青山，1995，頁 17，29；吳鵬飛，1999，頁 14；林明廷，2000；范振金，2002，頁 50；薛瑞芳，2003，頁 94），數據紛亂，令人無所適從。

本研究即以科學化的實驗研究法，實驗檢證各家論述塞格式數值與比率的正確度，確立最適宜之塞格式釉方數值與比率，以對陶藝創作者與陶藝教師有一定程度的貢獻。

二、研究目的

條列本研究之研究目的為：

- （一）闡釋塞格式釉方表示式的涵義與特質。
- （二）實驗塞格式釉方中值與酸值之最適區間。
- （三）實驗塞格式釉方鹼酸比與中酸比之最適比值。

三、研究範圍與限制

本研究以莫耳當量表示式的塞格式釉方表示式為研究範圍，故塞格式釉方表示式中的各項數值與比率，即為本研究的研究範圍。因此，除了因為鹼（RO）值固定為 1 故而無需探討之外，中（ R_2O_3 ）值與酸（ RO_2 ）值之最適值，以及鹼酸比與中酸比的最佳比率——得以燒成良好結果（成功釉方）、透明與不透明（失透）之臨界比率值等，都是本研究的研究範圍。

而研究限制條列為：

（一）實驗釉藥原料之限制

本研究所選用的實驗用釉藥原料，如釜戶長石、二氧化矽（ SiO_2 ）、碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）、高嶺土（ $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ）、三氧化二鋁（ Al_2O_3 ）等，都是極為

普遍與常用的釉原料，目的在求取研究結果具有高度的可推展性與可運用性。

而基本上，科學研究方法的一項重要特質，即是講求「在相同情境下的可重複驗證性」，釜戶長石可用，日化、霞正、葉長石等當然也可用，只要取得釉藥內涵原料比率數據，依塞格式試釉法進行實驗所得的中（ R_2O_3 ）值與酸（ RO_2 ）值之最適值、鹼酸比與中酸比的最佳比率等結果，必然會相同。故限於有限的研究資源，本研究無法也無須對所有種類釉藥原料均換算釉方與配釉實驗，而僅選取較為普遍與常用的釉原料進行，其研究意義是相同的。

（二）釉藥燒造時節之限制

燒造時節的時溫本即有所差異，直接影響燒達溫度的時程——亦即欲燒達同一溫度，夏天耗時將短於冬天，此也可能間接影響釉藥燒成結果。本研究各釉方之燒造時節為五月至八月，時值夏季。亦即若於其他時節燒造之結果或有可能不同，後續研究者與引用本研究結論者須注意此項研究限制。

（三）釉藥燒造情境之限制

窯爐類別與擺放場所等釉藥燒造情境，也同樣會影響燒成結果，本研究所有釉方悉於國立屏東教育大學視覺藝術教育學系陶藝教室電窯，以每小時約升溫 100°C 、終極溫度 1230°C 、持溫 10 分鐘、每小時約降溫 100°C 燒成。故雖然釉藥依燒成溫度有低溫釉、中溫釉與高溫釉之分，溫度自攝氏約 900 至 1500 度等，區間差距可達約 600 度，限於有限研究資源，實在無法一一設為終極溫度再一一實驗，僅能以研究者與頗多陶藝家最常用之高溫釉溫度為實驗設定，後續研究者有意重複驗證或引用本研究結論者，須注意此項研究程序之限制。

四、重要名詞詮釋

（一）釉藥

指塗佈在陶瓷坯體表面，經高溫燒熔後所形成光亮緻密的矽酸鹽物質。

（二）釉方

即「釉藥配方」，是指條列釉藥原料與成份比例的調製說明；就如同「藥方」、「處方」一般，治療某種疾病，須有那些種類與份量比例的藥所調配組成。「釉方」通常由四種成份：玻璃質（如二氧化矽（ SiO_2 ））、助熔劑（如碳酸鈣（ $CaCO_3$ ））與黏稠劑（如三氧化二鋁（ Al_2O_3 ））及外加的呈色劑，依不同比例表示與調製而成。能經燒成試驗取得玻璃質、助熔劑與黏稠劑三種釉藥原料穩定發色與效果的組成比例，即稱為「穩定（或成功）的釉方」。

（三）塞格式釉方

以化學式 $RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$ 表示主要組成釉料成份莫耳當量數的釉方表示式。其中的 R 代表金屬成份，O 代表氧，RO 代表主要為鹼金族與鹼土族金屬氧化物的鹼性助熔劑，值固定為 1， R_2O_3 代表主要為鋁氧化物或硼氧化物的中性黏稠劑， RO_2 代表主要為矽氧化物與鉛氧化物等的酸性玻璃質，x 值與 y 值是莫耳當量數。依塞格式釉方表示式，可大略判讀釉方的適當燒成溫度與透明性質。但實際運用時，須先將 x 值與 y 值莫耳數乘以分子數所得重量，各除以 RO、 R_2O_3 、與 RO_2 三類的總重量，即得重量百分比率，方能據以配釉，故先備資料（如各元素原子量、釉原料成分等）與轉換程序頗為繁瑣。

貳、文獻探討

塞格式釉方表示式 $RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$ 的設計理念，即是因為釉中的氧化物可分成三類：RO（助熔劑）、 R_2O_3 （黏稠劑）與 RO_2 （玻璃質），只要將各類之莫耳數乘以分子數，可得重量，再轉換為重量百分比率便可配釉，故可放諸四海皆可通用。但塞格式據以預測釉方良窳與透明度最重要的數值與比率：中值（x）、酸值（y）、鹼酸比（1:y）與中酸比（x:y）等，文獻卻顯示眾說紛紜，如表 1，亟待驗證。

表 1 文獻所定義的塞格式數值與比值

文獻別	鹼(RO)值	中(R_2O_3)值 (x 值)	酸(RO_2)值 (y 值)	*鹼酸比 值(y/1 值)	**中酸比值 (y/x 值)
楊繼文（1969， 頁 139）	1	0.1-0.6	1.2-6.0	—	—
程道腴（1972， 頁 121）	1，且 RO 應少於 R_2O	0.4 以下	—	1-3	2 以上
陳祥德（1980， 頁 96）	1	0.1-1.2	1.0-12.0	—	瓷器釉為 10 左右
何啓民（1983， 頁 78）	1，且 R_2O 比 RO 須 低於 1/10	若為 Al_2O_3 ，應 0.2 以下	混用 SiO_2 與 B_2O_3 ，則 SiO_2 須高於 2/3	—	1-3
程道腴、湯大綸 （1986，頁 45）	1	0.05-0.2	—	1-3	2 以上
程道腴、湯大綸	1	0.1-0.6	1.2-6.0		

文獻別	鹼(RO)值	中(R ₂ O ₃)值 (x 值)	酸(RO ₂)值 (y 值)	*鹼酸比 值(y/1 值)	**中酸比值 (y/x 值)
(1986, 頁 60)					
劉良佑 (1992, 頁 81)	1	—	—	—	—
謝志賢 (1993, 頁 35)	1	—	—	—	7-10 光亮, 3.2-3.8 無光
陶青山 (1995, 頁 17, 29)	1	—	—	—	8 以上透明 釉, 9 最佳 值, 3.8 失透
吳鵬飛 (1999, 頁 14)	1	0.1-1.2	1.0-12.0	—	—
Canal(1999, p.10)	1	0.1-1.5	1.5-15		
林明廷 (2000)	1	0.1-1.2	2.5-12	2.5-6.5	7-10
范振金 (2002, 頁 50)	1	—	—	—	7 以上為光 亮釉, 6 以下 為無光釉
薛瑞芳 (2003), 頁 94	1	0.1-1.2	1.0-12	—	—

*註：在數學表示式上，「鹼酸比」應指「鹼值比酸值」，「鹼酸值」應指「鹼值除以酸值的數值」，即 1/y 值；但在陶藝界使用塞格式的行話中恰好相反，「鹼酸比（值）」指「酸值除以鹼值的數值」，即 y/1 值，這是源於鹼值為 1 而取其便利的權宜措施。

**註：同理，在陶藝界使用塞格式表示式的行話中，「中酸比（值）」是「酸值除以中值的數值」，即 y/x 值。

參、研究方法

本研究根據研究目的及相關文獻，採自然科學之「實驗研究法」，來實驗探究塞格式釉方最適中值、酸值、鹼酸比與中酸比。首先經文獻探討，定義塞格式釉方的內涵、特質與實施程序。其次就各文獻對塞格式釉方之中值與酸值範疇，歸納眾數或最小公倍數，由於文獻顯示數據紛亂，故選取眾數或最小公倍數數值，如表 2，以能涵蓋各家說法。

表 2 文獻定義塞格式各項數值與比值之統計

數值與比值	最大公因數	最小公倍數	眾數
鹼(RO)值	1	1	1
中(R_2O_3)值(x 值)	0.1-0.2	0.05-1.5	0.1-1.2
酸(RO_2)值(y 值)	1.5-6.0	1.0-12.0	1.0-12.0
鹼酸比比值(x)*	2.5-3.0	1.0-6.5	1.0-3.0
中酸比比值(y/x)**	7-10	—	—

*註與**註：同表 1 之註解。

其次，採兩階段發展塞格式試釉釉方：第一階段先以較大的級距變化，藉以界定中值(R_2O_3)與酸值(RO_2)之臨界變化區間，收束研究範圍；故中(R_2O_3)值應為 0.1 至 1.2 莫耳；酸(RO_2)值應為 1.0 至 12.0 莫耳。故設定中值以 0.1 莫耳、酸值以 1 莫耳為間距，呈等差級數相互配對成釉方，即分別為(1)RO·0.1 R_2O_3 ·1.0 RO_2 、(2)RO·0.2 R_2O_3 ·1.0 RO_2 、(3)RO·0.3 R_2O_3 ·1.0 RO_2 、……(12)RO·1.2 R_2O_3 ·1.0 RO_2 、(13)RO·0.1 R_2O_3 ·2.0 RO_2 、(14)RO·0.2 R_2O_3 ·2.0 RO_2 、(15)RO·0.3 R_2O_3 ·2.0 RO_2 、……，直到(144)RO·1.2 R_2O_3 ·12.0 RO_2 為止，共計 144 個實驗釉方。

乃以釜戶長石、三氧化二鋁(Al_2O_3)、二氧化矽(SiO_2)與碳酸鈣($CaCO_3$)等四項堪稱最普遍的 RO(助熔劑)、 R_2O_3 (黏稠劑)與 RO_2 (玻璃質)原料，採中(R_2O_3)值自 0.1 至 1.2、級距 0.1，酸(RO_2)值自 1.0 至 12.0、級距 1.0 等的等差級數級距搭配，此等差級距已經極小，足可觀察出研究目的所需的塞格式釉方中值(R_2O_3)與酸值(RO_2)之臨界變化區間。

第二階段再於前述研究範圍內，以較小的級距變化，精確界定鹼酸值與中酸值之最適值。故以第一階段實驗界定鹼酸比比值(x)與中酸比比值(y/x)最適區間之研究發現：「第一主體分佈於鹼酸比比值 2.5 至 11.0、中酸比值 5 至 40 之區間，第二主體分佈於鹼酸比值 9.0 至 11.0、中酸比值 100 至 120 之區間」為基礎，第二階段再縮小鹼酸比與中酸比的級距，並以氧化鋅(ZnO)比率取代碳酸鈣($CaCO_3$)的方式，降低因單用碳酸鈣($CaCO_3$)導致的熔點升高(碳酸鈣($CaCO_3$)熔點高達 2572℃)與透明度降低之弊，再實驗 72 個釉方。

而燒成結果之判讀上，雖然一般評估釉方是否成功，是指基於配出的釉藥，能達成預定色澤與效果而言，但由於在尋找釉方的試驗階段，通常多不加呈色劑，故不以預定色澤的達成與否來評估釉方的效能。因此釉方燒成結果的判讀指

標，主要有下述七項：

1. 熔融度：是指釉藥的熔融程度，亦即釉藥的三個骨架物質充分溶解而言，熔融度應愈高愈好。評量基準以熔融程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)完全燒熔的「熟」、(2)未完全燒熔的「半熟」與(3)完全未燒熔的「不熟」。

2. 流動性：是指釉藥的流動程度而言，流動性應愈低愈佳，評量基準以流動程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)「無流動性」、(2)燒成釉漿有半數流入試片中心凹槽的「中流動性」、(3)燒成釉漿幾乎全流入試片中心凹槽的「高流動性」。

3. 黏著度：是指釉藥黏附在坯體上的力量程度而言，黏著度應愈強愈好。評量基準以黏附程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)釉漿與試片坯土完全密合黏著的「黏著」、(2)釉漿與試片坯土未完全密合黏著的「可剝除」、(3)釉漿與試片坯土完全未密合黏著的「脫落」。

4. 縮凝性：是指釉藥的凝結與收縮程度而言。評量基準以縮凝程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)「無收縮（簡稱「無」）」、(2)收縮外形如針點、面積 4 平方公厘以下的「針點形收縮（簡稱「針點縮」）」、(3)收縮外形如蟲體、面積 4 平方公厘以上的「蟲條形收縮（簡稱「蟲條縮」）」。

5. 透明度：是指釉藥的透明程度而言。評量基準以透明程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)可以無障礙透視觀察得釉底坯紋的「透明」、(2)不清晰透視觀察得釉底坯紋的「半透明（簡稱「半透」）」、(3)無法透視觀察得釉底坯紋的「不透明（簡稱「失透」）」。

6. 皸裂度：是指釉藥的龜裂開片程度而言。評量基準以皸裂程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)未有任何皸裂紋路的「不裂」、(2)略有裂痕的「中度」與(3)層層相疊大量裂紋的「冰裂」。

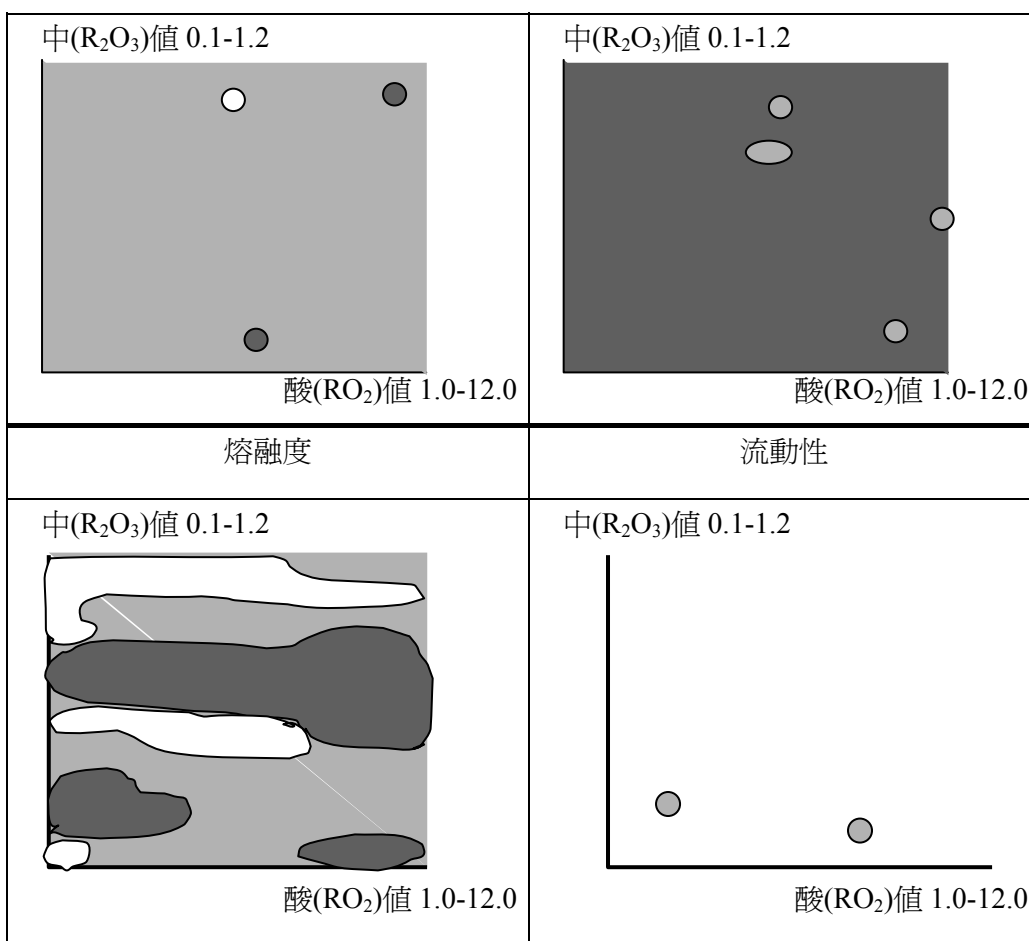
7. 結晶粒：是指釉藥的結晶程度而言。評量基準以結晶顆粒面積大小程度區分三級，此三級之操作型定義各為(1)無結晶、(2)直徑 2 公厘內具有如針點之「晶點」、與(3)直徑 2 公厘以上之「晶花」。

由於成功釉方的定義，是必然具備良好的「熔融度」、低度的「流動性」與高度的「黏著度」；至於釉藥的「縮凝性」、「透明度」、「皸裂度」與「結晶粒」，雖仍可以列為評估釉方是否良好的指標之一，但有時這四種特質，卻是做陶人所特意追求的特殊效果，因此此四項指標並不適合作為評估釉方是否優良的指標。燒成的試片經判讀後，以前三項判讀釉方之成功與否。

肆、發現與討論

一、第一階段塞格式釉方燒成結果

以文獻探討所得：中(R_2O_3)值以 0.1 之等差級數級距，由 0.1 至 1.2；酸(RO_2)值以 1.0 之等差級數級距，由 1 至 12，分別搭配共計成為 144 個實驗釉方，燒成結果依七個指標加以判讀，計有 22 個成功釉方數。將燒成結果以區塊顏色的濃淡，區分達成指標之強弱，繪製分佈圖，如圖 1。



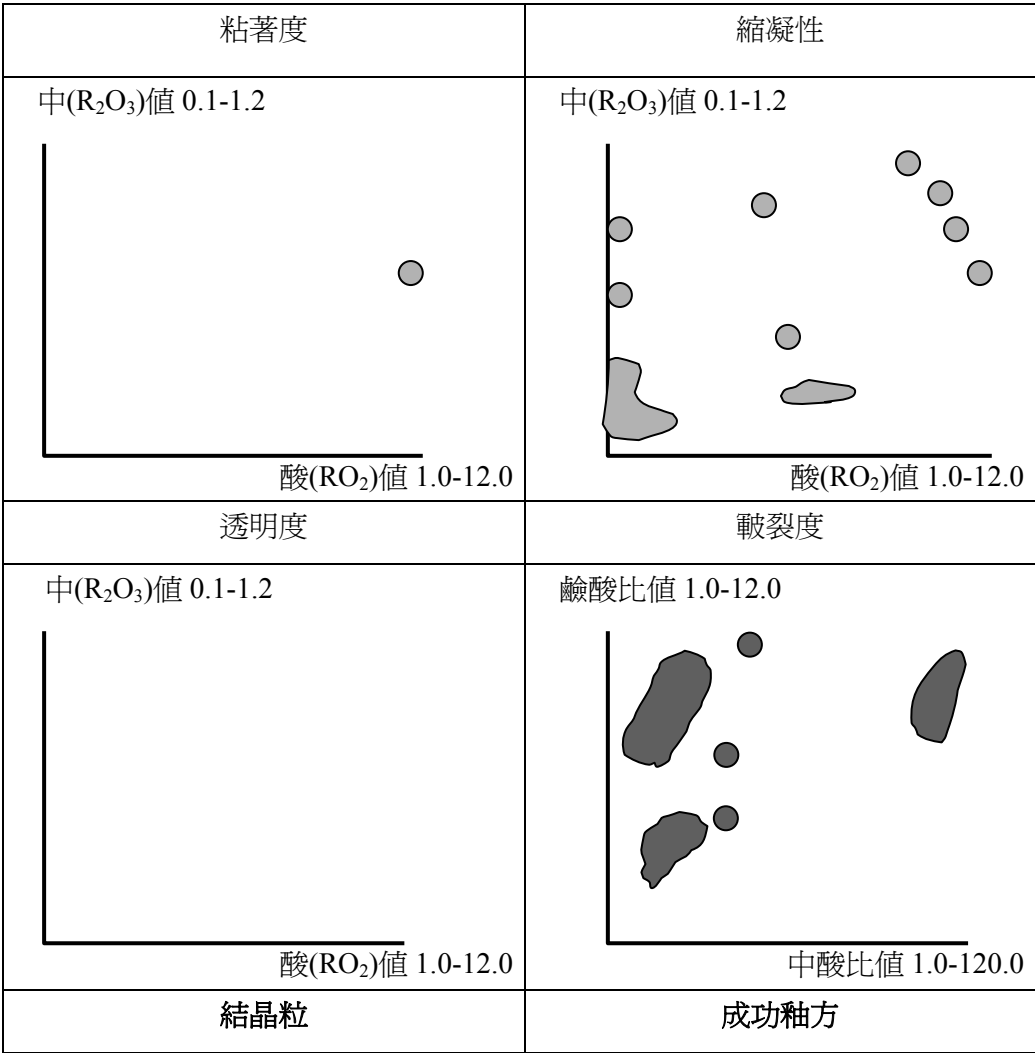


圖 1 第一階段燒成效果與成功釉方分佈

由圖中可以發現燒成效果之分佈為：

1. 熔融度：普遍有中級以上的水平，熔融度較優良的釉方，成點狀分佈於中值兩端極端值與酸值中間值附近；這說明使用碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）作為主要助熔劑，極易因碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）熔點高達攝氏 2572 度，而與長石之鹼金族化合物含量失去平衡，導致釉方燒熔溫度提升的後果
2. 流動性：普遍有穩定、不流動的性質，這是因為使用碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）導致有頗佳的附著性，進而不流動。
3. 黏著度：黏著度較佳與不佳的釉方，呈現交叉分佈的現象。而因釉方的燒

熔效果，直接影響黏著度的分佈，故仍以碳酸鈣（ CaCO_3 ）與鹼金族化合物用量失去平衡之影響因素為大。

4. 縮凝性：除了極少數的兩個釉方有中度收縮現象外，普遍無收縮效果；這是因為具有強力收縮能量的化合物，如氧化鎂（ MgO ），僅呈現微量的比率存在於長石中，發揮的收縮能力極為有限。

5. 透明度：釉方普遍失透，呈現混濁白色；這同樣是因為碳酸鈣（ CaCO_3 ）與鹼金族和鹼土族化合物用量失去平衡之影響所致。

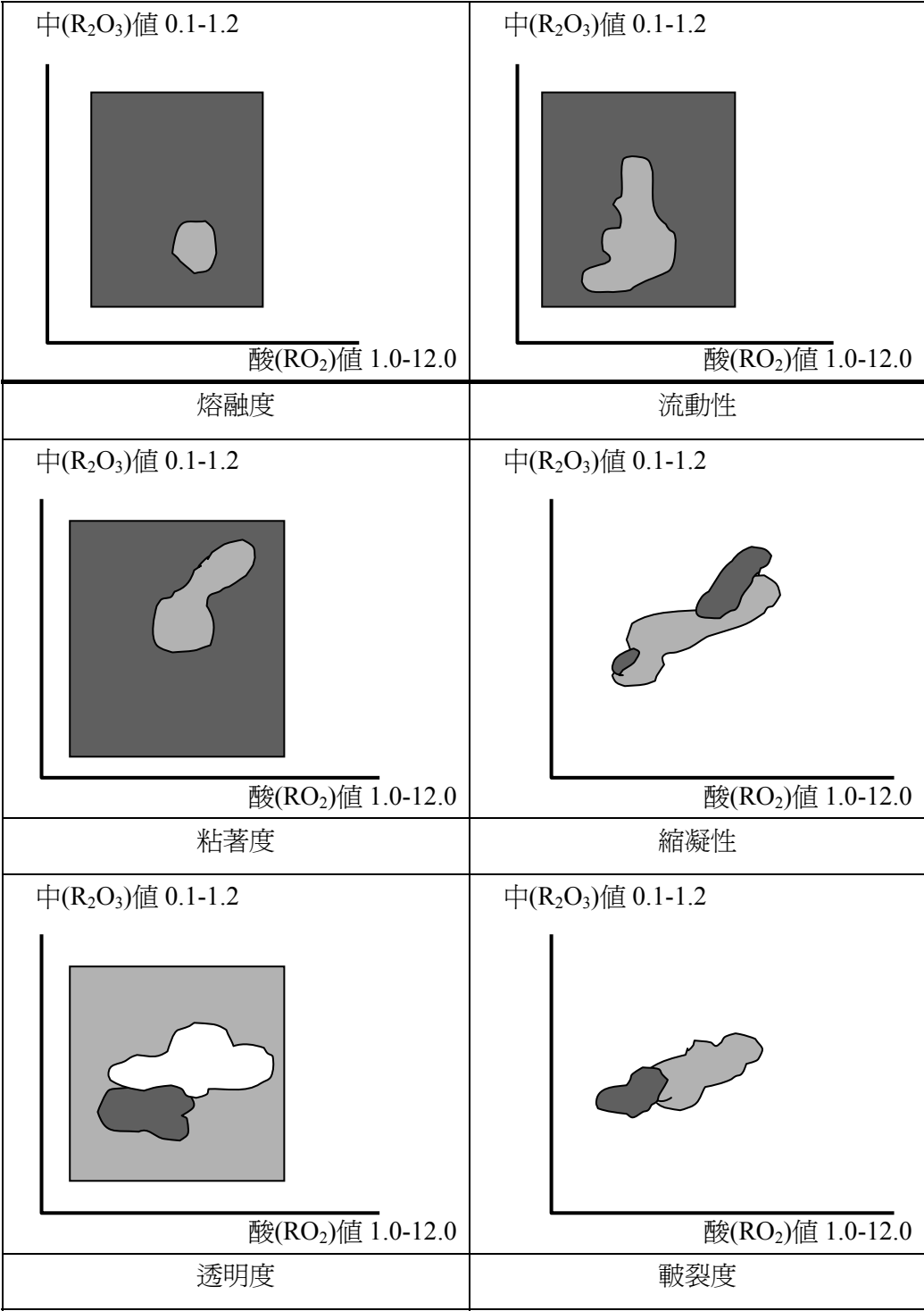
6. 皸裂度：呈線狀三條，恰好分佈於酸值的兩極端值與中值。

7. 結晶粒：普遍無結晶顆粒，蓋因釉方中缺少三氧化二鐵（ Fe_2O_3 ）或氧化鋅（ ZnO ）等可結晶之礦石分子。

8. 成功釉方：經由上述判讀指標，尤其是指熔融度、流動性與粘著度三項，位於中值 0.2 至 1.0、酸值 2.0 至 10.0 之區間的釉方，是可定義為「可尋獲成功釉方的可能數值區間」。而若就數據相對較大的鹼酸比（區間 0.8 至 12.0）與中酸比（區間 0.8 至 120.0）而論，成功釉方第一主體分佈於鹼酸比值 2.5 至 11.0、中酸比值 5 至 40 之區間，第二主體分佈於鹼酸比值 9.0 至 11.0、中酸比值 100 至 120 之區間，此可藉以收束實驗範圍，繼續確立更精確數據位置。

二、第二階段塞格式釉方燒成結果

依第一階段收束之實驗區間：「第一主體分佈於鹼酸比值 2.5 至 11.0、中酸比值 5 至 40 之區間，第二主體分佈於鹼酸比值 9.0 至 11.0、中酸比值 100 至 120 之區間」，縮小鹼酸比與中酸比的級距，再定義 72 個實驗釉方，燒成結果依七個指標加以判讀，計有 68 個成功釉方數。將燒成結果以區塊顏色的濃淡，區分達成指標之強弱，繪製分佈圖，如圖 2。



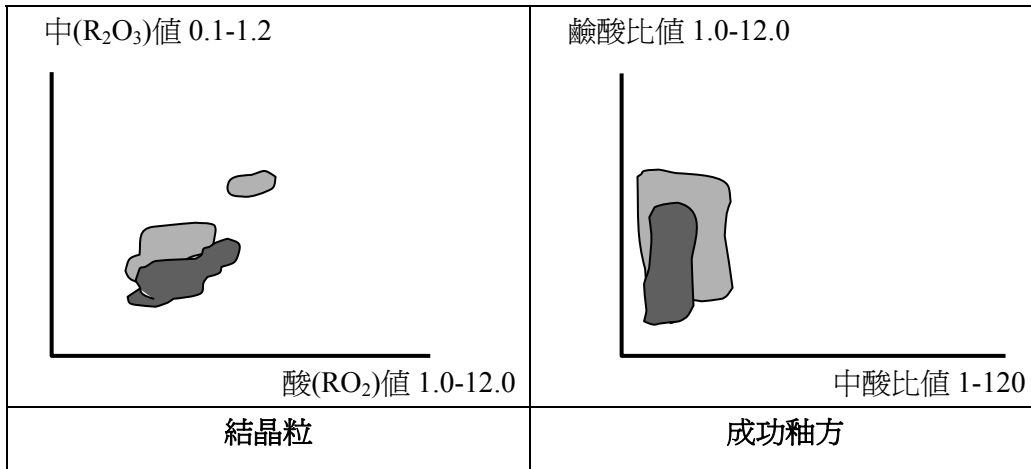


圖 2 第二階段燒成效果與成功釉方分佈

由圖中可以發現：在收束實驗範圍之後，燒成效果之分佈為：

1. 熔融度：普遍而言，在收束試驗區間（中值 0.20 至 1.00、酸值 2.0 至 10.0）均有中級以上的水平，熔融度最優良的釉方，分佈於中值 0.48 至 0.86、酸值 4.4 至 8.2 的區塊中；這說明減少碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）作為釉方助熔劑原料量，鹼金族與鹼土族化合物用量平衡，便有頗佳的燒熔效果。

2. 流動性：除了中值 0.32 至 0.74、酸值 4.2 至 6.8 的區塊中，流動性較穩定外，其餘收束試驗區間的釉方普遍有高流動的性質，這自然是因為減量使用碳酸鈣（ $CaCO_3$ ），導致釉漿熔融效果擴增、流動性增強的緣故。

3. 黏著度：普遍有高度粘著能力，黏著度比較低的區塊，為中值 0.52 至 0.84、酸值 4.4 至 8.9 的區塊中，黏稠劑三氧化二鋁（ Al_2O_3 ）的效能適度發揮。

4. 縮凝性：除了中值 0.32 至 0.82、酸值 3.5 至 8.6 的區塊外，普遍無收縮效果；這也是因為具有強力收縮能量的化合物，如氧化鎂（ MgO ），僅呈現微量的比率存在於長石中，發揮的收縮能力極為有限。

5. 透明度：雖然釉方普遍有頗佳的熔融效果，但釉方透明度並未偏高，失透釉方趨於中值 0.52 至 0.77、酸值 2.4 至 8.4 的區塊中，透明釉方趨於中值 0.22 至 0.52、酸值 2.5 至 6.5 的區塊中；這同樣是因碳酸鈣（ $CaCO_3$ ）與鹼金族化合物、中酸比用量失去平衡之影響所致。

6. 皸裂度：釉方的皸裂效果，強烈皸裂釉方趨於中值 0.42 至 0.53、酸值 2.5 至 4.8 的區塊中，程度中等的皸裂釉方趨於中值 0.44 至 0.67、酸值 3.5 至 7.6 的區塊中。

7. 結晶粒：除了中值 0.32 至 0.44、酸值 3.5 至 5.4 的區塊中，有部分面積點狀結晶，以及中值 0.25 至 0.36、酸值 3.5 至 5.8 的區塊中，有部分小面積花狀結晶，其餘區塊結晶顆粒未曾出現，這是因為釉方中的三氧化二鐵（ Fe_2O_3 ）與氧化鋅（ ZnO ）等可結晶之礦石分子量，並非多量的緣故。

8. 成功釉方：在鹼金族和鹼土族化合物含量比率平衡或大於 1 的前提下，最佳燒成範圍，分佈於鹼酸比值 3.4 至 6.5、中酸比值 6.4 至 10.1 之區間，次佳燒成範圍，分佈於鹼酸比值 2.8 至 7.4、中酸比值 6.1 至 15.3 之區間。

伍、結論與建議

故依研究目的序，研究結論可闡述為：

（一）塞格式釉方以 $\text{RO} \cdot x\text{R}_2\text{O}_3 \cdot y\text{RO}_2$ 表示，內涵精確、易於流傳且可預測良窳；但計算與轉換程序極其繁瑣，且必先備資料方能進行

塞格式釉方表示式是以化學式 $\text{RO} \cdot x\text{R}_2\text{O}_3 \cdot y\text{RO}_2$ 表示主要組成釉料成份莫耳當量數的釉方表示式。其中的 R 代表金屬成份，O 代表氧，RO 代表主要為鹼金族與鹼土族金屬氧化物的助熔劑， R_2O_3 代表主要為鋁氧化物或硼氧化物的黏稠劑， RO_2 代表主要為矽氧化物與鉛氧化物等的玻璃質，x 值與 y 值是莫耳當量數。塞格式釉方表示式具有下列特質：

1. 以化合物而非混合物的莫耳當量數值來表示釉方組成成份，表示方式最為精確。

2. 釉方以化學元素符號或化合物、而非混合物的莫耳當量數值表示，可以放諸四海皆準，利於流傳運用。

3. 就釉方的鹼酸比，即能大略預測釉方的適當燒成溫度與釉方燒成良窳——是否有良好的熔融效果和黏著性，可以大幅節省釉方試驗的資源消耗。

4. 就釉方的中酸比，即能大略預測釉方的燒成結果透明度，同樣可以事先即據以決定是否使用釉方，而大幅節省釉方試驗的資源消耗。

5. 但依釉方並無法直接據以配釉，需要先行換算成重量，實在難稱便利。

6. 以莫耳當量表示式釉方換算為重量比率的歷程，必須各項釉藥原料各以莫耳當量乘以分子量，並轉換為百分比率，過程極為繁瑣耗時。

7. 重量換算歷程之初，即必須先行準備釉藥各成份原料的分子量數據或化學元素週期表，案頭未備即無法換算，難稱便利。

8. 重量換算歷程之中，若釉藥原料非屬純物質或化合物，而是混合物，則尚須先向釉藥供應廠商，索取釉藥原料之實質成分內涵與比率，程序倍增難度與繁瑣。

9. 即使已經事先取得混合物釉藥原料之實質成分內涵與比率，但在重量換算歷程之中，尚須由混合物所含各元素與化合物量，「反向套合」原當量數，此「反向套合」的計算歷程難度更高，耗時更為可觀。

10. 常人無法輕易背記眾多分子量數據或化學元素週期表，也無精密化學儀器可資自行分析眾多混合物釉藥原料之實質成分內涵，故無法藉由背記或頻繁操作而自然而然記住，必得於案頭準備以便翻查，極不便利。

(二) 塞格式釉方數值之中值最適區間為 0.2 至 1.0，酸值最適區間為 2.0 至 10.0

塞格式釉方試驗區間，若專指一般認定成功釉方必要條件的熔融度、流動性與粘著度三項，則位於中值 0.2 至 1.0、酸值 2.0 至 10.0 區間的釉方，可定義為「可尋獲成功釉方的最適中值與酸值數值區間」，此結論較諸第二章文獻探討之歸納論點，數據範圍較為收束。

但若不只論熔融度、流動性與粘著度三項指標，尚包含縮凝性、透明度、皸裂度與結晶粒等的發現，則中值 0.1 至 1.2、酸值 1.0 至 12.0 區間的釉方可資採用，則此結論便與第二章文獻探討之歸納論點相符。

(三) 塞格式釉方比率之鹼酸比值最適區間為 3.4 至 6.5、中酸比值最適區間為 6.4 至 10.1

在鹼金族和鹼土族化合物含量比率平衡或大於 1 的前提下，最佳燒成範圍分佈於鹼酸比值 3.4 至 6.5、中酸比值 6.4 至 10.1 之區間；次佳燒成範圍分佈於鹼酸比值 2.8 至 7.4、中酸比值 6.1 至 15.3 之區間。

此結論若指熔融度、流動性與粘著度三項判讀指標滿分（即「極成功」釉方）之釉方鹼酸比值與中酸比值，則與第二章文獻探討歸納之鹼酸比值 2.5 至 6.5、中酸比值 7 至 10 之區間相較，較為收束；但若與熔融度、流動性與粘著度三項判讀指標 10 分（即「成功」）之釉方鹼酸比值與中酸比值相較，猶然與第二章文獻探討歸納之鹼酸比值 2.5 至 6.5、中酸比值 7 至 10 之區間略大。

正由於塞格式試釉法在尋獲成功釉方的比率上極高，內涵精確、易於流傳且可預測良窳；但計算與轉換程序實在極其繁瑣，且先備知能或案頭必備資料頗多。對意欲深究釉藥知識之專業陶藝創作與釉藥研究人士而言，塞格式釉方原理可謂頗值得研究獲取的知識與技術；但對初學入門或有經濟與時程壓力的中小學

視覺藝術教師，可能必須耗費極多的時間與精力方才能一窺堂奧。因此研究建議：中小學視覺藝術教師與陶藝創作者欲尋得自身創作情境可用之釉方，建議可以以本研究所驗證之塞格式最適數據與比率區間「中值 0.2 至 1.0，酸值 2.0 至 10.0，鹼酸比值 3.4 至 6.5、中酸比值 6.4 至 10.1」為基礎調製釉方，而揚棄文獻探討至今仍呈現數據紛亂的局面，必然可以有優良的釉方成功率。

誌 謝

本研究獲國立屏東教育大學學術委員會經費補助，謹申由衷謝忱。

參考文獻

- 何啓民（1983）。**陶瓷製釉及施釉作業**。臺北：臺灣商務印書館。
- 吳鵬飛（1999）。**陶藝實用釉藥：配方與釉色之美**。臺北：五行。
- 李堅萍（2003）。三角座標試釉法之改進研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫（編號：NSC 91-2815-C-153 -013 -H），未出版。
- 李堅萍（2004）。**陶藝三角座標試釉法**。臺北：五南。
- 林明廷（2000）。**釉藥管理員——減量配釉法與釉藥分析程式**。臺北：國立鶯歌高級職業學校。
- 范振金（2002）。**配釉自己來**。臺北：五行。
- 陳祥德（1980）。**窯業集**。臺北：大林。
- 陶青山（1995）。**釉的基本調配法**（二版）。臺北：武陵。
- 程道腴（1972）。**陶瓷學**。臺北：徐氏基金會。
- 程道腴、湯大綸（1986）。**陶瓷釉藥學**（五版）。臺北：徐氏基金會。
- 楊繼文（1969）。**陶瓷製造學**。臺北：大聖。
- 劉良佑（1992）。**陶藝學**（三版）。臺北：幼獅文化。
- 薛瑞芳（2003）。**釉藥學**。臺北：北縣鶯歌陶瓷博物館。
- 謝志賢（1993）。**陶瓷工藝**。臺北：正文。
- Canal, M. F. (1999). *Ceramics class: Glazing techniques*. N.Y.: Watson-Guption (VNU Business Media Inc.).

A study of the Befitted Numbers and Rates of Seger Glaze Formulas

Zenpin Lee*

ABSTRACT

Whether glaze formulas are fine and transparent by the numbers and rates of Seger glaze formulas can be predicted; however, so many researches had different statements about the numbers and rates of Seger glaze formulas. This study used experimental method to explore the purposes: (1) to explicate the contents and characters of Seger glaze formulas, (2) to define the befitted number interval of neutrality and acidity of Seger glaze formulas, (3) to define the befitted rate interval of alkalinity-acidity and neutrality-acidity of Seger glaze formulas. The study experimented 144 glaze formulas to focus the suitable number interval of neutrality and acidity, and then experimented 72 glaze formulas to define the suitable rate interval of alkalinity-acidity and neutrality-acidity. The study judged the glaze effects by founding, fluxion, adhesion, shrink, transparency, kibe, and crystal. The results are: (1) Seger glaze formulas are represented by $RO \cdot xR_2O_3 \cdot yRO_2$ and have precise contents, convenient to communicate and predict whether glaze formulas are fine and transparent; however, Seger glaze formulas have reluctant transition procedure and necessary forehand data; (2) the befitted number interval of Seger glaze formulas are: (a) neutrality is 0.2-1.0 and (b) acidity is 2.0-10.0; (3) the befitted rate interval of Seger glaze formulas are: (a) alkalinity- acidity is 3.4-6.5 and (b) neutrality- acidity is 6.4-10.1.

Key words: ceramic arts, glaze, Seger glaze formula.

* Zenpin Lee: Associate Professor, Department of Visual Art Education, National Pingtung University of Education

