



二元配方再探
作者：黃艾

製瓷的基本原料的「瓷石」，是一種主要由石英和絹雲母組成的岩石，既具有適當的可塑性，又具有一定的助熔作用，製成瓷胎正好適合在 1200°C 左右的溫度中燒造成型，因此可以單獨用作制瓷原料。單一瓷石配方中氧化鋁 (Aluminium oxide) 的含量一般低於 18%。而高嶺土的氧化鋁含量卻超過30%，因此耐火度大大超過瓷石，可達1400°C 以上。在製瓷原料瓷石裡按照一定比例混合高嶺土。使瓷胎從單一的原料變為複合原料，利用高嶺土的可塑性、粘結性、懸浮性和結合能力，賦予瓷泥更有利於拉坯或注模的成形能力。就是廣義所謂的「二元配方」了。



實際上高嶺土的化學成份，其中含三氧化二鋁 (Al_2O_3) 39.5%，二氧化矽 (Silicon dioxide SiO_2) 46.54%。二元配方在功能上為在瓷泥中增加了三氧化二鋁的含量、減少了二氧化矽的含量，從而提高了瓷器的燒成溫度。而二元配方原料在 1700°C 以下都不會軟化。因為高嶺土加熱後脫水轉化成高嶺石，再進一步反應，形成矽鋁尖晶石 (Spinel)；繼續加熱，矽鋁尖晶石便逐漸失去晶格中的二氧化矽，形成過度的莫來石，再繼續加熱，再進一步失去二氧化矽，才燒結成為優質耐火的莫來石 (Aluminium silicate $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 結晶體。整個過程是使瓷器具有強度、耐熱、和造型穩定特性的關鍵。

元代二元配方用的是麻倉土，也就是高嶺土的一種，產地在麻倉山；與高嶺山或其他地區的高嶺礦土本質上沒有區別。關於二元配方起源，我以前也引用過劉新園和白焜二位的《高嶺土史考》，也到訪婺源麻倉山考察過，服膺始於元代的論說。



明代萬曆年間江西布政使王宗沐所編的《萬曆江西省大志》已有記載當時景德鎮瓷胎使用御土 (瓷土) 和官土 (麻倉土) 的配方比例，與及製作不同器物的用料，今日讀來，只得個知字，真實原料的屬性、來源、品質、製練方法等已失傳。例如：「大樣魚缸每只約用官土百八十斤餘，餘乾不(坏)土百三十斤，坯屑五十斤，石末一升，石斛紙五十張，□土五十斤，煉灰三十斤，造成缸坯約重二百斤。」另有二樣魚缸、大樣瓷缸、二樣瓷缸等等，不一一列舉了。如此種種，若想在窯場以實踐來復原當日的配方求證，個人認為成功的機會十分渺茫。



元代是景德鎮製瓷配方改進的重要時期。從元代起，瓷胎中 Al_2O_3 均值從前代的17.72%提升到 19.65%，大量出土樣品顯示 Al_2O_3 量超過20%。但是為什麼元代配方的 Al_2O_3 含量劇增，但卻始終沒有超過23%呢？較合理的解釋是，這時景德鎮初識二元配方，在試製階段並沒有固定的配方，而當時亦有基本的技術問題，瓷石的燒成溫度需在大約在 $1200^{\circ}C$ 左右，而高嶺土的燒結溫度則在 $1400^{\circ}C$ 以上。而元代景德鎮仍以龍窯為主，窯爐溫度尚未能達到純高嶺土質胎的燒結溫度。因為瓷石含三氧化二鋁 (Al_2O_3) 通常在15%至18%之間，而高嶺土的 Al_2O_3 含量則通常在33%至40%之間。若想要通過二者的配比達到17%-23%，那麼坯料中高嶺土的摻入量應在20%以下的範圍內。但從景德鎮出土的一批坯料中發現卻是完全沒有加入高嶺土，又在另一批坯料中有加入20%的高嶺土。雖然可以推論是製作不同類型的瓷器，但學者認為在當時已全面應用二元配方的環境下，這種做法顯然說不通。學者推測，元代景德鎮最初採用的，很有可能是一種「天然二元配方」，即是一種含高嶺土又含瓷石的天然混合礦物。



伊朗國家博物館藏元青花胎體比較 - 左1大盤、左2大盤、右2梅瓶、右1葫蘆瓶。

從傳世的元青花瓷器的胎體觀察，以陶瓷界公認及瓷友熟悉的伊朗博物館藏元青花做例，會發現幾乎每一件的胎體的瓷質表現都不相同，間接證實了上述的三種懷疑。一是當時的高嶺土提純技術不足，二是沒有掌握混配比例，三是缺乏相應燒製技術。但最合理的解釋為當時使用的是「天然二元配方」。

元青花的瓷胎體緻密，有一種滑膩軟糯感，這是瓷胎中使用了高嶺土的結果。但和明、清時期同是使用二元配方內含高嶺土的瓷質不同，元代的瓷胎內部有細長縫隙，是混合原料不勻的現象，但若用人力調料，工藝上基本上不可能出現這種混和不均勻的現象，所以可以推測元代應用的是天然二元配方。

元青花瓷的另一特徵是火石紅，雖然有些元青花瓷胎體並不一定有火石紅，但藏家似乎更喜歡有火石紅的元青花；認為火石紅更可表現元代青花特有的風采。瓷友都知燒造元代使用的高嶺土是麻倉山的麻倉土，含有較多鐵分子結構。由於含有鐵成份、燒成後，會在某些地方產生火石紅。但相對同是使用麻倉土的明初瓷器，和之後使用各地高嶺土的歷朝瓷器，為什麼火石紅又沒有元青花明顯呢？



元青花的瓷胎體內部有細長氣孔

高嶺土經過陳腐，土就能夠充分膨脹，因此燒成的瓷器手感就適中，但相對元青花卻一般卻手頭較重。另外元青花胎底顆料狀明顯，相對同樣使用高嶺土的明、清瓷器胎體細膩多了。就是因為有這幾種有別於使用正常高嶺土的特徵，除了引起瓷家對元代使用「天然二元配方」的懷疑外，也給仿品業者一個教材式的造假指引。走筆至此，岔開一筆，瓷友若從元青花瓷片觀察，亦可留意到胎骨裡面的氣孔多數是細長偏狹的，其成因是由於在以手工拉坯所致，瓷友大可在工作室實踐中求證。對於堅持元青花的唯一生產方法是使用模具，絕不用拉坯的學者、瓷人，值得再深究。除筆者有關元青花成形工藝的幾篇舊作外，這個也可作參考。

從景德鎮陶瓷研究所各朝出土瓷器胎體的分析報告，可以簡列如下：

- 五代至南宋時期，主要使用單一瓷石配方；
- 元至明末，主要使用伴生高嶺土的瓷石礦，導致瓷胎中 Al_2O_3 含量出現較大的提高，但始終不超過23%。
- 明末清初時期，樣本中發現瓷胎中 Al_2O_3 的含量普遍高於23%，最高可達30% 甚至更高，說明此時期高嶺土已經得到了十分廣泛和適當的應用。

有關二元配方的記載，在各類文獻中，最早見於明末的《天工開物》、《江西省大志》等。從而推斷高嶺土的正式開發時間，極有可能亦始於明末，而應用高嶺土的技術成熟期亦始於明代。



元青花的瓷胎體內部有細長氣孔另二例