

第一章

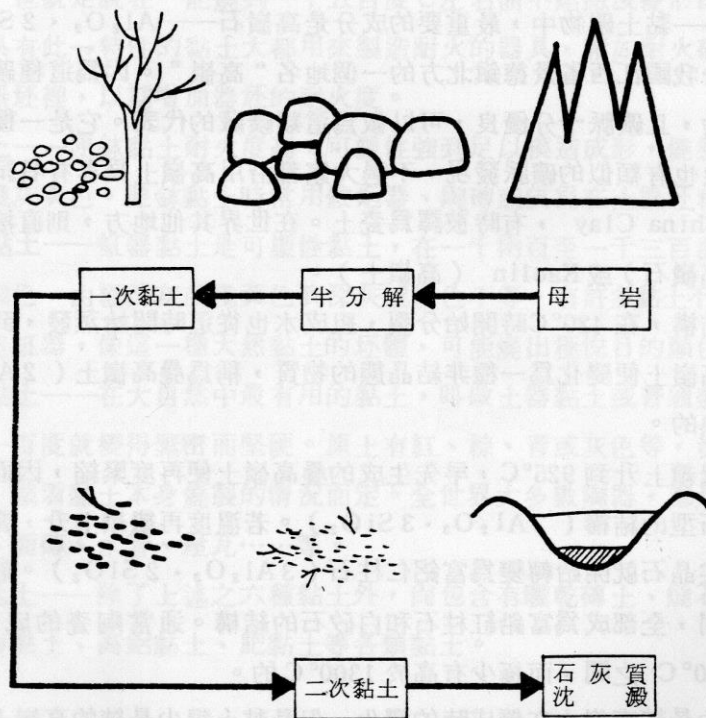
陶瓷原料概述

劉良佑 1987

一、黏土的由來

黏土是地球表面上地質的風化產物，因為這種風化方法是綿綿不斷的，無所不在的。在自然界中，黏土成爲極普遍而極豐富的物料。

在混沌初開時，地球是一團熔融的物料，地殼就是相當薄的一層凍結物，這樣由熔融物冷卻而成的岩石，稱之爲火成岩。在地表的火成岩，經過一段相當長的時間，受自然界的影響，而磨碎，最後藉著風力和水力運送到遠方，隨著水流，在運送途中，顆粒粗大的沈澱，顆粒較細小的流到遠處堆積，能被水融解的物質，就隨著水一起流入海洋和湖泊。直接受風化作用的岩石叫母岩，在比較接近母岩位置所發生沈澱、堆積的黏土是一次黏土，在運送遠處而發生的堆積叫做二次黏土。其程序如附圖：



二、黏土的物理性及化學組成：

(一)物理性——黏土之可以被用來作成器物，並具有我們所希望的形狀，最主要的，就是因為它有“可塑性”。所謂可塑性，依照科學的說法是：當某種材料，因外力的施用，而改變其形狀，並當此外力移除後，此材料不致損壞，且能保持那種外力施加形狀的性質，就是可塑性。黏土就具有此種特性，在製作過程中，如果濕度恰當，它就很容易變形，但它一經製成一種形狀，則不會自動回復原狀，而能使我們達到造形的目的。

黏土的可塑性，主要是由於其中所含膠態粒子的作用，原來組成黏土的細顆粒，皆是薄而呈片狀的，如果我們將黏土充分潤濕後，在顆粒的四周，便會形成一層水膜，使各顆粒間沒有空隙，而把顆粒和顆粒緊緊的拉在一起。一旦受外力作用的時候，這些顆粒便相互在水膜上滑動，因造形的改變，而變換顆粒原先的位置，不致鬆散開來。這種黏土的細薄片狀粒子，就是膠態粒子。

由於不同組成的黏土，其中所含膠態粒子的比例也不盡相同，所以彼此之間的可塑性，也有很大的差異。通常製陶人，會將不同黏性的土相混合，以求得黏性適中，便於操作的黏土，這就叫做配土。

(二)化學性——黏土礦物中，最重要的成分是高嶺石—— $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。這個名稱來自於我國江西省景德鎮北方的一個地名“高嶺”。因為這種礦物是在我國高嶺最先被發現的，且礦脈十分優良，可以做為這類礦藏的代表。它是一種白色的黏土。目前在世界各地也有類似的礦脈發現，不過大家都沿用高嶺土為專有名詞。在英國，稱為中國土——China Clay，有時被譯為瓷土。在世界其他地方，則直接稱之為——Kaolinite（高嶺石）或Kaolin（高嶺土）。

高嶺土的結構，在 420°C 時開始分裂，組成水也從這時開始蒸發，到 550°C 時，水分完全失去。高嶺土便變化為一種非結晶態的物質，稱為疊高嶺土（ $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ ）。這反應是吸熱的。

如果溫度繼續上升到 925°C ，早先生成的疊高嶺土便再度緊縮，因而放出熱量，急劇轉變成尖晶石型的結構（ $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ ）。若溫度再繼續上升，當到達 $1050^\circ \sim 1100^\circ\text{C}$ 時，尖晶石就開始轉變為富鋁仁柱石（ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ）。最後，在 1200°C 到 1400°C 之間，全部成為富鉛紅柱石和白矽石的結構。通常陶瓷的成熟火溫，都在 $1100^\circ\text{C} \sim 1300^\circ\text{C}$ 之間，而極少有高於 1300°C 的。

以上所說的是純高嶺土在燒成時的變化，但是黏土很少是純的高嶺土，而大多混有其他礦物，像雲母（ $\text{K}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）等等，於是在高溫下，這些外

來的離子，通常因具有熔劑或礦化劑的作用，而增加此一黏土的反應速率，使它成熟的溫度降低。一般而言，陶土所含的其他礦物較多，所以燒成溫度比瓷土要低。

三、黏土的種類：

在大自然中，可被用來製造器皿的黏土其種類很多，現在概略分成如下幾項：

(一)高嶺土——在自然界的物料中，高嶺土的數量並不多，亦是製造純白色之器皿，不可少的物料，故許多製陶者對它特別感興趣。高嶺土顆粒粗大，可塑性不及其他的黏土，但其所含雜質，則較其他黏土來得少。高嶺土是一種耐火度極高的黏土，且可塑性並非很良好的物料，也因而難成形，所以製陶者很少單以高嶺土而不混合其他物料的。而混入其他物料，為的就是要增加其可塑性，以及降低它的熔點，使其易於成形，易於燒熟。

(二)球狀黏土——此土的可塑性極強，顆粒細微，易熔，燒後呈淡灰或淡黃色。燒後緊縮成細密的構造，球狀黏土與高嶺土一樣，略需混以其他的黏土來製造陶瓷器皿，因其顆粒細，燒成後收縮性大，若不加入其他黏土，則坯體易於破裂。

(三)火黏土 火黏土一詞，即是從土的耐火度或對火的抗性而來，凡能耐火，皆可稱為火黏土，也就是說在一能燒到一千五百度C左右而不熔融或變形的黏土，都可稱為火黏土，然具有此一特性的黏土大都用來製造耐火的器具，諸如耐火磚、窖、爐等。火黏土亦加到器坯裡，以期增加器坯的耐火度。

(四)鉢黏土——匣鉢黏土耐火度高，可塑性強到足以模造成形，燒製後緻密、堅韌，一般燒後呈淺灰黃色。匣鉢黏土時常用做炬器、陶磚或成為在土器坯料中的添加物。

(五)缸器黏土——缸器黏土是可塑性黏土，在一千兩百至一千三百度間就可燒熟或瓷化的，燒後顏色，由極淡灰或淺黃色到深灰或棕色不等。有許多黏土不必加任何添加物，就很適宜製造缸器，像這一種天然黏土的坯體，可能燒出極悅目的顏色和紋理。

(六)土器黏土——在大自然中最有用的黏土，叫做土器黏土或普通黏土，燒到九百五十度至一千一百度就變得緊密而堅硬。原土有紅、棕、青或灰色等，都是因含氧化鐵的結果，燒後，端看黏土本身燒製的情況而定。全世界大多數陶器，都是用土器黏土做的，諸如磚塊、面磚、水管、屋瓦……等。

(七)其他黏土——除了上述之六種黏土外，尚包含有曬乾磚土、燧石黏土、頁岩、皂土礦、赤陶器黏土、高鋁黏土、肥黏土等各類黏土。

四、取 土

黏土的出產量很豐富，礦床幾乎到處皆可發現，但一般的黏土都為泥土所覆蓋著，尤其是在雨量特別充沛的地方，經常被草木或是其他的物質所覆蓋。而在氣候較乾燥的地方，地面可能較顯露，黏土亦可能就在表面上。

有可能發現黏土的地方，是在沿著小灣河流，或是在建築公路、鐵路時所被掘斷的地層處即可發現黏土層，而此層常常是在表土的下層。

黏土的採掘，有露天採掘法及地下層坑道採掘法，在露天採掘法中，黏土是被刮下了的或是用機器刨下的。而高嶺土常是用水力採掘，將高壓下的水流，將黏土自礦床之中沖取出來。若是小規模的採掘，首要將黏土礦床或礦層掘出，將泥土、砂石等雜質除掉，而後用小型的鏟子採土。同時注意所採出的黏土顏色與結構皆要均勻，這樣黏土才適合製作。

五、配 土

製坯所使用的黏土，是用來製造陶瓷的理想材質。自土壤中取出的黏土，很少直接用作陶器原料，必須經過乾燥磨粉，以及除去不純物質，最後再必須攪合適當水量，乃能合用。而有時製品的種類和原料土石之性質各異，少有用單一土石為坯土，普通均用二種以上之土石，配成坯土，至於坯土配方之計算，係出自陶瓷工程師之手。而調配坯土，則由配料部分執行之。

坯土配合之方法，就原料本身而論，有未經淘汰以前，即依一定比例混合後，再施行淘洗，此為洗土。江西景德鎮之坯土配合，專用此法。另一法乃將各種原料，單獨淘洗，然後依其泥漿之量配合。前法因原料採掘之場所不同，或粉碎程度各別，其中粒度大小比例不一，此乃以一定比率量配合，手續雖較為簡單，但精細程度上自不及後者。

一個良好的製陶瓷坯土，必須有足夠的可塑性以成形，又必須有足夠的強度，以保持其形狀而不至陷縮或倒塌，也必須有足夠的孔隙來蒸發掉水分，並且乾透之後不會破裂，它在窯熱之下，還必須變硬以及瓷化。

普通製配坯土方法有二，即乾式法和濕式法。乾式法較為新穎，將粉碎後原料，加入4~10%水分充分拌合即可。而濕式法是加50%或更多的水製成泥漿。這些乾的濕的或泥漿狀態的黏土，市面上都有供應。如所用的黏土為潮濕狀態或泥漿狀態，則不必再做預備工作，所有潮濕黏土都已經過搗機（練土機、捏泥機）除掉所有氣泡，所有泥漿必已調拌均勻而可立刻使用，但如為乾燥黏土，則須加入適量水分且進一步加以處理方

可使用。

六、濕式製備法

將固體原料和水置入調泥槽 (blunger) 中，此調泥槽係一金屬外殼，瓷磚襯裡之大圓槽，中央裝一豎軸，軸上按有橫式木質螺旋槳，轉速約為 100 r.p.m.，將固體原料和水攪和均勻。在調泥槽調泥時，先將黏土和水注入槽中，土塊碎至 3 吋以下小塊。非可塑性原料，要在黏土和其他有可塑性的原料，加入槽中，塊狀打碎後，方可加入。又因調泥槽並無粉碎作用，故較硬的非可塑性原料，均應事先粉碎。

調泥所需時間，因黏土及其他成分而異，平常有 4 ~ 6 小時即足以攪拌泥塊，調勻泥漿，但必須注意，攪拌一經停止，泥漿則必須卸出。否則，非可塑性物即迅速沈澱，槽底結成難以移出之硬塊，影響下步操作。

泥調勻後，將泥漿卸在篩上，除去未經混合之石塊或雜質。然後將此泥漿泵進泥漿槽內備用。泥漿槽亦為一瓷磚襯裡之圓桶，內有攪拌器，以便隨時攪拌泥漿。泥漿槽內之泥漿在取出使用前，還需經過球磨、篩分及磁石去鐵等步驟，茲分述如下。

(一)球磨——如欲製作細緻的瓷具時，就需特別注意原料的粉碎和攪拌均勻，通常是將配好的生料，在球磨內再研細，這步操作，有時可代替調泥操作，但通常都是先予以短時間的調泥，再加以球磨。

(二)篩分——篩的搖動方法有幾種，有的用偏心輪 (cam)，電磁鏈或電動振盪器。另一種用離心方法，稱之為旋轉筒篩。

(三)電磁除鐵——電磁除鐵主要用於大多數白色瓷器工廠。以便將原料中原有之鐵分，或因前面操作步驟所滲入之鐵份除去。泥漿經上述步驟處理後，遂為一均勻無雜質之混合體，可以移入泥漿貯槽內，以備使用，然而這必須是泥漿中水分，在調和時正好是注漿用的泥漿中之水分，而一般工廠水分都比較多，所以就要有下一步的除水。

(四)水分排除——這就要用壓濾機，最常見的壓濾機，約有 75 塊鑄鐵的濾板，或圓或方，24 ~ 28 吋大小，板中央有 4 吋直徑孔一只，濾布在板兩面，每塊濾板都一連串放在兩條橫鐵軌上，合裝為 75 只過濾室。泥漿自中央孔中壓入，壓力為 80 ~ 120 ，泥漿受壓通過濾布時，固體顆粒留在布上形成濾餅，含水率約 18 ~ 25 %，壓濾機常有裝一只安全壓力活塞，以防止壓力過高，有損壞濾布之虞。

七、乾式製備法

乾式製備法是一種較普通的方法，用以製備坯土，以為乾壓成形法之用。此乾式混合法，與上述之調泥壓濾抽氣法，截然不同。此法使用之調泥機，實際上就是一座改良的乾式輾盤（dry pan），包括一塊平坦圓形的底盤，帶有較深的邊，中央軸上裝一排犁耙帶碾石或不帶碾石，如此，可將乾燥粒狀原料拌和。盤和攪拌的都帶有馬達，兩者朝反方向旋轉，碾石稍離盤底，只是搓捏坯土而不帶碾細作用。

使用乾式混合設備，關係窯業原料之改進甚大，特別是黏土類的，因為要取得圓滿的結果，各原料必須乾燥，同時研細成各種細度。將各種乾燥的原料，放到混合機中，徹底混合5～8分鐘後，再加入所需的水（乾料重量的5～12%），加水時最好是噴成霧狀加入，然後再混合3～5分鐘，方可卸料。

乾式製備法顯然是適用於壓坯成形法，如面磚、電瓷等，因為此法在混合機內就可以控制所期望的水分。又因為此法在坯土混合上，遠較濕法有效，故許多藝術陶瓷、餐瓷，和使用泥漿鑄形和旋坯的工廠，亦有使用本法。在這種情形下，混合好的坯土，再調成泥漿，或加水入捏泥機中練成可塑性泥塊。

目前之所以贊同用乾式製備法原因有以下數點：

- (一) 可以有效的使用工廠廢料。
- (二) 比較準確地控制水分含量。
- (三) 更換配方比較迅速簡便。
- (四) 減少動力和人工。
- (五) 工廠佔地大減。
- (六) 建新廠之創辦費用較低。

八、坯料之粗練

含適量水分之坯土，無論久經貯藏與否，在使用之時，必須先行捏練，一方面排除其中氣泡，並使水分均勻分佈，以增加坯土之可塑性。捏練工作，有藉人工者，有藉機械者，茲分述如後：

(一) 人工捏練——人工捏練有用手或用腳練者，只是適於少量黏土之捏練。用鐵絲將土切成小塊，用手將此小塊猛力拋於大堆土塊之上，如是繼續進行，直至捏練均勻為止。至於用腳踏方法，係將黏土平舖於平滑地上，厚約1吋，洒上水後用腳踐踏。江西景德鎮所用者，為將含有適量水分之坯土，堆積約1呎之大鼓形泥餅於地上，工人立於其上，以一足先沿邊逐漸至中央踏之，使成1、2吋厚。至各部踏薄後，逐用鐵鏟切成小塊，漸次堆積，漸次打擊，恢復原形後再用腳踏之，如此反覆施行至均勻為止。