

科學圖書大庫

陶瓷基本教材

譯者 任騰閣

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

陶瓷基本教材

譯者 任騰閣

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鏗氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有敎無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廣即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

原序

「我已忘却每天的煩惱，感到非常的舒暢。」或在一個星期五晚上「它使我輕輕鬆鬆渡過週末」。這些都是陶瓷科夜校學生典型的意見。一個為公事去一趟美國的學生，早上九點才到達海索（Heathrow）機場，對當晚的陶課只遲到了半小時。陶瓷的魅力可以想見。它之所以令人着迷，在於它具有的真實創造力。它的反應就是自發而生動的；它既容易開始，而却又有無窮的可供探索的可能路途。

陶瓷是一種藝術與技術的綜合，也是對現代生活方式帶來的膚淺和壓力的一種解毒劑。由藝術觀點而言，它是「真實」，由技術觀點而言，它是「完整」，遠超過唯物者短暫玩物的想法，而能予人以確實的滿足。

因此，簡言之，本書希望能在製作方法上，圖式和裝飾上以及技術基礎上，提供概要的介紹。本書亦能滿足成人夜校的學生，以及其他類似學校在校求學學生的需要。但最重要的目的，在乎指引初學者應有的瞭解和入門途徑，以享受陶瓷所給予報償機會。

目次

原序

第一章 黏土製成瓷器	1
什麼是黏土及其塑性.....	1
一次黏土（殘留黏土）.....	1
二次黏土（漂積黏土）.....	1
坯體.....	1
黏土燒粉.....	2
素燒陶坯.....	2
流程圖.....	3
釉陶.....	3
第二章 黏土的處理及手捏鉢器	5
徒手製鉢.....	6
在手車（或陶車）上徒手製鉢.....	8
第三章 捲合製鉢法	9
鉢底的製作.....	9
黏土圓條的製作.....	10
在鉢底上固定第一根黏土圓條（土環）.....	11
後加土環的固定.....	12
鉢器的完成.....	13
連續的捲合法.....	14
板式黏土圓條.....	15
捲合法與拉坯法合製的鉢器.....	15
第四章 拉坯製鉢法	16

鍍坯.....	20
第五章 合板法製作鉢器	25
泥漿鑄件法.....	30
第六章 組成製鉢法	31
第七章 式樣和裝飾	37
作品的要素.....	37
裝飾問題.....	40
黏土階段的裝飾.....	40
素燒階段的裝飾.....	44
第八章 釉和彩飾	48
窯業色料.....	50
釉的種類.....	52
釉面缺陷.....	53
釉料配方.....	54
調釉及上釉.....	55
第九章 窯及燒煉	57
電窯.....	57
燃料窯.....	59
窯爐坯體支架.....	61
素燒.....	61
釉燒.....	62
第十章 自製小電窯	65
規格.....	65
需用材料.....	70
第十一章 釉 飾	72
第十二章 幾個隨意的實驗	74
中英辭彙對照及解釋.....	77
材料和設備.....	80
一些古代和現代的陶器作品.....	85

第一章 黏土製成瓷器

什麼是黏土及其塑性？

黏土是分解的長石，一種矽砂和氧化鋁的水合物。花崗岩在幾百萬年來的風化作用下，逐漸分解成為要顯微鏡才能分辨的細微顆粒，在這自然的過程裡，水再和這些顆粒化合形成黏土的晶粒。黏土晶粒的形狀，大致是平的，或頁狀的，這就是黏土有塑性的原因。就像水在兩片玻璃間能生吸附作用一樣，水在鄰接的黏土晶粒間，可使濕的黏土塊黏聚起來。當黏土被塑成一個形體，在這形體中就有千百萬個平的黏土晶粒。因為黏土無須加熱，在室溫下即可塑捏成形，可說是在衆多可塑物中最便當的了。

一次黏土（殘留黏土）

黏土的可塑性有很大的差別，主要係晶粒大小的關係。花崗岩分解以後，在當地生成的黏土，晶粒較大，但塑性較差，這種高嶺土或瓷土，通常稱為一次黏土。這種黏土質地較純，除窯業外亦適用於其他許多工業，如造紙，漆料，油氈，化粧品及醫藥等方面。

二次黏土（漂積黏土）

二次黏土乃遠離原分解母岩而生成之黏土。母岩分解的顆粒，為河水帶動，迭經磨碰，及逐漸喪失較重的顆粒，最後沉積為晶粒較細的黏土礦床。其他細微顆粒的夾雜物，特別是石灰和鐵礦也沉積於其中。因此二次黏土有很大的可塑性，但因產地關係而有很大的不同，例如紅黏土含有頗大比率的細微鐵礦，而球狀黏土（因開採及運送時做成團塊而得名）則較純，且在諸黏土中最富塑性。

坯體

黏土構成物及黏土種類的繁多，使陶人能夠依其工作需要而調製特殊的

坯體。典型的坯體成份爲瓷土、球狀黏土和燧石。增加球狀黏土的份量，可使坯體在使用上更有塑性，但入窯後也易收縮和彎翹；增加燧石的份量，等於增加矽砂的份量，會減低坯體的可塑性，但也增加了它的耐火性；即能耐更高的溫度而不變形，最後的產品也較硬。由黏土與黏土質料配成的陶器坯體，例如其燒熟溫度雖爲 1150°C ，但仍爲“多孔”形態，超此溫度即開始溶化，或則在冷卻時，亦易破裂。陶器坯體，係由黏土加入一些熔劑如長石配成，燒熟溫度在 1250°C 及 1350°C 之間，成品爲緻密、無孔玻璃化的瓷器。同樣，骨灰、長石在軟質瓷和長石在瓷坯體中，都能製出半透明玻璃化瓷器，緻密而不透水。

黏土燒粉

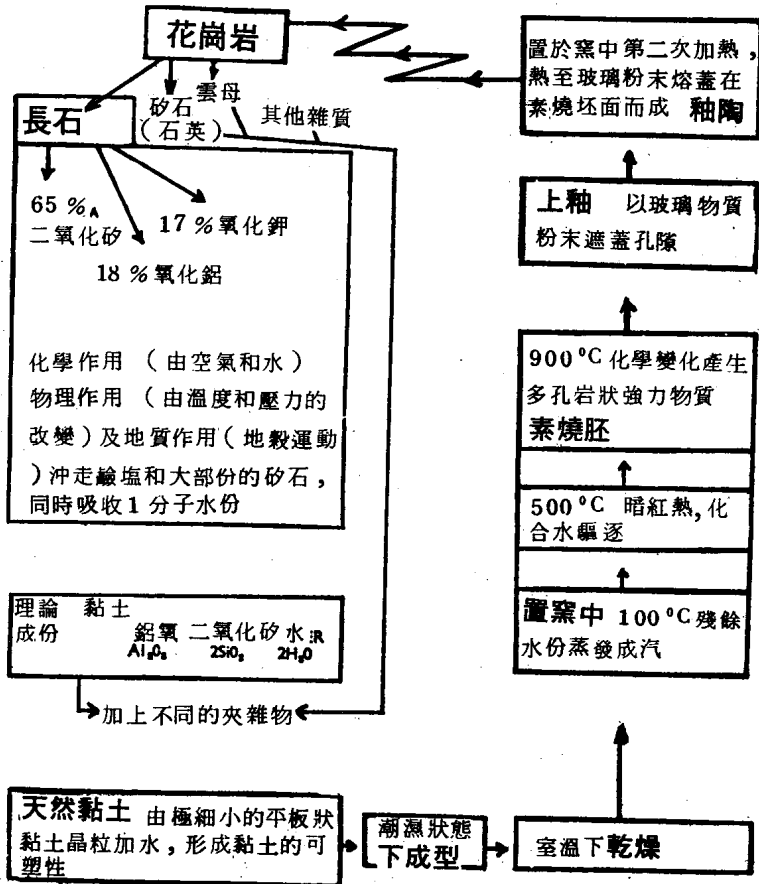
陶工固然可以採用滑細可塑的坯土製造家用器皿，但也可以採用“摻砂”（Tooth）的黏土作大件物品。例如帶柄蒸發皿就是這類由黏土摻入細砂構成的製品。對大的裝飾器皿，則可摻加粗的黏土燒粉，或素燒（Biscuit）陶坯碎粉。摻砂的黏土，對製造合板法的大壺及磚瓦，特別有用，因其能鬆開（open）坯體，所以能使均勻乾燥，且加熱不易受損。加入非塑性物，如矽砂，燧石，黏土燒粉而成的素燒坯體，其機械強度較原素燒坯體爲差，同時亦需較高的成釉溫度方能燒熟。事實上，某些高含量燒粉的坯體，達到一般陶器溫度即約 1300°C 時仍爲多孔狀。如果既不希望提高燒煉溫度，又不希望成品透水，則需加點塑性黏土以降低燒熟所需溫度。如想要暖色的坯體，可加些含鐵的紅黏土，如坯體顏色不想過分的改變，則加球狀黏土。

由以上陶人所支配黏土種類及性質的簡示，可知最重要的工作在於知道如何作選擇，此亦爲探求陶器藝術的不二門徑。

素燒陶坯

以濕黏土塑製成坯以後，在室溫下將坯中大部份混合水（mechanically added water）乾掉，同時坯體也顯著收縮了許多。由實用觀點，在這由濕黏土變爲皮革硬度（leather hard）狀態的最大收縮階段，乃爲附加把手、噴嘴最適當的時機。於是將坯放置窯中，開始時升溫要慢，每小時不超過 50°C ，以使殘餘的附着水分化爲蒸汽由窯口散逝。當窯中溫度逐漸上升，以致成爲暗紅色時，表示溫度大約爲 500°C 。此時化合水（chemically combined water）亦被逐散，黏土遂變爲一種新、硬、岩石狀的物質，即素燒坯是也。溫度越高，燒得的素燒坯也越硬。陶瓷工作室大部份

岩石 → 黏土 → 陶瓷流程圖



的陶工燒到900°C為止，此時的坯既能搬動而又保持着多孔狀。這些小孔，即化合水被逐散時所造成的極細的氣道，對以後上釉過程，將有極大的幫助。

釉陶

4 陶瓷基本教材

將玻璃成份物的粉末與水調和成漿，即為釉藥，可以浸、傾、塗或噴等法施用在素燒坯表面。素燒坯將水吸收後，即吸附上一層釉藥。釉坯再放回窯內燒煉至紅熱， 1000°C ，直至釉粉熔成液體，冷卻後，即形成一種硬亮的玻璃表面。這高溫也使坯體本身變得更為緻密。粗鬆的瓷器和陶器都需要一層很適當的釉面，以使之「不透水」(water tight)。緻密瓷器則是玻璃化的質體，無需上釉，它本身就是不透水的，比鋼還硬，而且是抗酸的一種真正耐久物質。

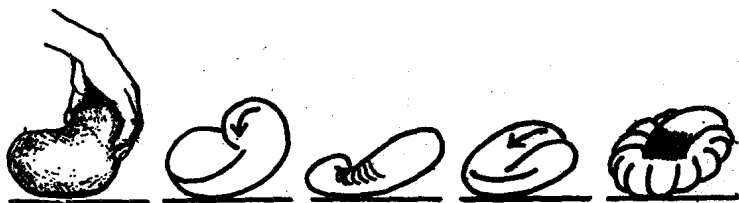
這就是陶瓷製造的潛在迷人之處——由一塊軟黏土製的形體，在窯中燒煉後竟能變成像岩石般硬的耐久物質——陶瓷。人在幾小時之間反轉了大自然要花幾百萬年分解的過程，使軟黏土轉變成其近乎原先的石性。

第二章 黏土的處理及手捏鉢器

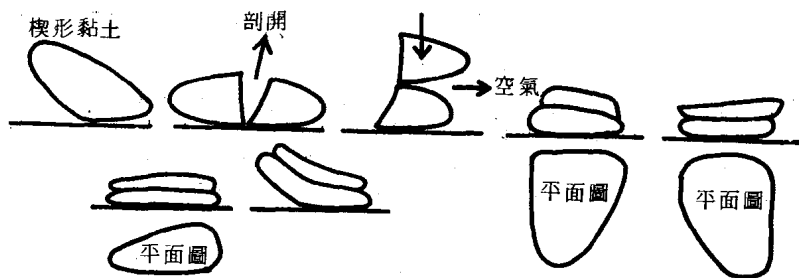
黏土在連續使用以前，必先經過處理手續。如要觸手自如而且燒煉時不會變形，則黏土組織必要均勻；如果要黏土在窯裏不會熱爆，則黏土中不能含有氣泡。市面有許多種混泥機，像搗磨壓條機（pug mill），只要使用恰當，可以完成上述的許多工作。然而大部份陶人寧可用手工以一種或兼用轉揉法（spiraling）和剖練法（wedging）以處理黏土。

轉揉法有如揉麵。以右手握緊黏土團，使之 45° 傾斜彎向工作枱面。頂邊被折向當中，當中部份再被壓向枱面。以左手拿起黏土團，使之稍作順時針轉動，右手再重複上述操作。這是一個非常好的方法用來調製不同顏色或濃度的黏土。

剖練法，雖然字義陳示不清，但却是傳統處理黏土的方法。此法大致係將黏土團割分為二，然後將其中一半壓打在另一半上。如果要從操作手法的精良方面獲得最高效果，一種特殊的練習是必要的。作法如下：將黏土團的“楔”（較尖的部份），朝向製陶人，放在桌面上，用線幾乎垂直地由底而面將泥團分割為二。將其中一泥塊垂直拿起，擺在另一塊的上面，以使所有的新割面對向陶工，然後將上面一塊輕舉過頭，以全肩膀之力摔向在桌子上的另一塊。把這塊新合的泥塊反轉以使原來貼桌面的泥面朝上，再轉 90° 使



第1圖 用手捏製鉢器

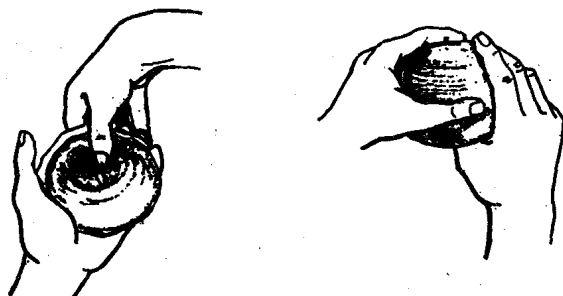


第2圖 楔形黏土和剖練法

泥塊較尖的一端對向製者，又再用手托住泥底的前段在桌上輕拍，拍出楔形。把過程反覆進行。如上述過程均能嚴格遵守，均勻混合及逐去氣泡的要求，自會均能令人滿意。以其中一塊泥團擊向在桌面泥團的楔脊，當兩塊泥團互相黏合時空氣就從其中被排出來。事實上，這就是用“楔”字或剖練的解釋。將泥團交互左右變換的轉動 90° ，以使尖端朝前，使摺處整齊而乾淨，而泥團成火腿狀，這種形狀可以減少那些最易包含氣泡的碎摺。將泥團頂部翻轉，產生兩塊平面，目的也在減少接觸時包陷空氣的機會。本法混合泥團的完全可以算術表明。第一次分割的兩塊，疊放後為兩層，垂直分割後，即生四層。每次分割泥層數目就加倍，如此只要二十次分割就能產生百萬層。本法處理過後的泥團，拍打成固定形狀後，就放在桌上備用。黏土的正確工作堅度要看所要做的工作件及其方法而定，但一般說來只要能使坯能保持形狀不變，是越濕越好。

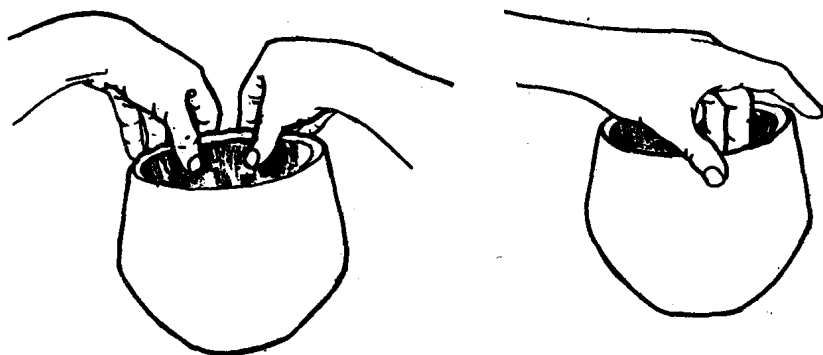
徒手製鉢

在一個成功的開始之前，任何技藝都要求對使用材料性質有起碼的瞭解。陶人用很少的工具，手的重要是不待言的。因之，首先他便要瞭解“黏土的感覺”，發現黏土在不同程度的濃度和所施壓力下的反應。徒手捏造鉢器就正是非常好的探求練習。切下一塊黏土，穩定地搓揉成比網球略小的球，放入左手掌中，以右手姆指垂直向中心插入，距離底部 $\frac{3}{8}$ 吋，將姆指扭轉抽出，再放回去並將黏土團舉起。由底開始，中指均勻的壓向姆指，每壓一下後將泥團稍向逆時針方向旋轉。當轉完一整圈，將指壓由底向下移，直到很



第 3、4 圖 徒手捏製鉢器

小心地壓完鉢邊。八指在外，以兩隻姆指伸入鉢內，將鉢底向桌面輕拍。將鉢以底放在桌上，再重覆原先由底面而邊緣的過程。要鉢口（剖面）成為漸縮直線而不是廣口，則要在鉢壁「12點鐘或6點鐘部位」打摺，同時鉢外指的壓力要比鉢內的大。這就是對鉢形的一種控制，否則無可避免的會作出廣口鉢。鉢面可以手指摸撫光滑並可用指甲刻劃花紋；否則指壓痕就像平鎚打在金屬件上一樣留下痕來。當鉢面乾燥至“皮革硬度”時，可以使用磨光器、予以磨光，或用金屬線圈在鉢面上刻劃波狀花紋。燒煉時，這種鉢，最好僅



第 5、6 圖 在陶輪上徒手製鉢

在鉢的內面上釉，這樣會更趁出鉢器外面的光潤。

在手車(Banding wheel 或陶車)上徒手製鉢

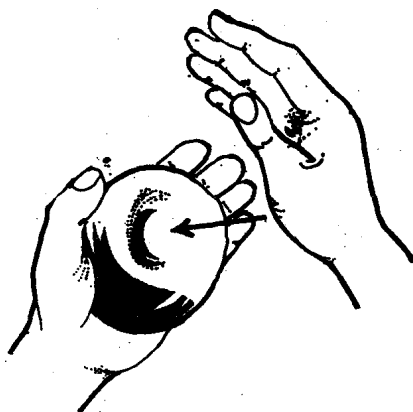
將3吋至4吋直徑的泥塊放在圓輪板中央，以兩姆指指尖保持泥團的位置，餘指垂直支持着泥團外緣。圓輪隨同每次指壓，向反時針方向旋轉，以上述方法可以很快的進行指壓工作。當鉢壁薄到1/4英寸，就把黏土摺壓(pleated)以符合所要的形狀，那鉢器口緣至少要圓得可以用拉坯法加以完成。圓輪在反時針方向轉動，同時轉動中物件的邊緣用海綿潤濕。於是使用左手拉坯法(left hand drill 參考17頁)以後，再用針修整鉢口成形以及用海綿打光。這最後處理可與人極好的觀感，也展示出拉坯法裏鉢口能夠保持全鉢形狀的固有力量，有如車輪輪緣一般。此外，在此學習初段，現在已經提供了比較複雜的拉坯法介紹。

第三章 捲合製鉢法

以下所述捲合製鉢法，可說最爲準確。它的優點是在最後一步，引用了拉坯成型的方法，來完成鉢器口緣的加工。

鉢底的製作

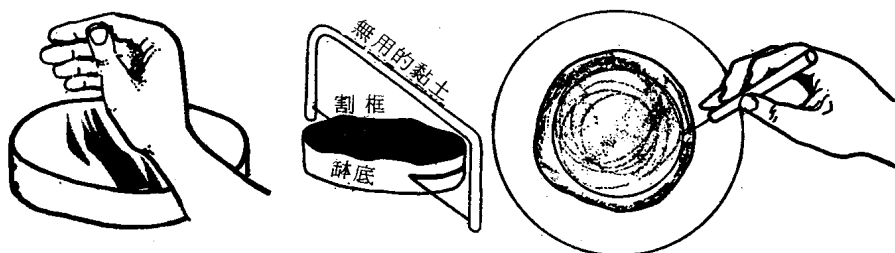
1) 先取一塊直徑三吋的黏土圓球，放在左手掌裏，然後右手掌緣用力擊打黏土的中心，繼續此種動作，並隨時翻轉黏土，要留心不要把邊緣打薄，直到整個黏土形成一塊厚約半吋的黏土板爲止。



第 7 圖

2) 把黏土板放在一條潔淨而且乾燥木凳上面，用右掌擊打黏土使其底面放平，稍待，再將黏土移到木凳上另一位置，以防黏土和木凳的黏結，輕拍黏土使與凳面密切接觸。

3) 用一具割框將黏土板割薄，成爲厚度約 $\frac{3}{4}$ 吋，移去上部無用的黏土。

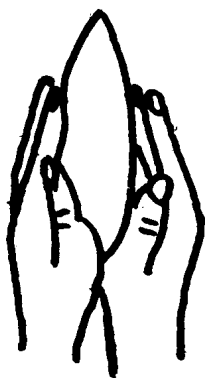


第8—10 將黏土球壓平以製作鉢底；割去無用的黏土部分；修理鉢底。

4) 把厚度均勻的黏土板放在陶輪（或轉台）上面，儘可能擺在輪的中心。輕拍黏土使與輪頂密切接觸。

5) 用一條針放在陶輪「時鐘三點部位」，調整針尖與中心的距離（即半徑）正是所要之尺寸，轉動陶輪，並且針頭刺入黏土，刺透到達輪頂，移去已切下的周圍多餘的黏土，便得鉢底。

黏土圓條的製作



第11圖 將黏土打成尖形



第12圖 滾製黏土圓條