

科學圖書大庫

陶瓷學概論

編著者 程道腴

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

陶瓷學概論

編著者 程道腴

江苏工业学院图书馆
藏书章

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

監修人 徐銘信

發行人 陳俊安

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十一年九月廿七日初版

陶瓷學概論

—基本定價 1.20

編著者 程道腴 經濟部聯合工業研究所研究師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱 13-306 號

9221763

9271575

發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 15795 號

電話

9271576

9286842

承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號

電話

9719739

自序

陶瓷器皿是最古老的工業產品，和人類生活及文化都息息相關。時至今日，它仍領導着許多工業進展，並將科技推到時代的尖端。試縱目四顧，小至日常生活中電音電視等設備，大至高樓大廈，遠至太空梭太空船等，若究其之所以有今天的成就，莫不歸功於陶瓷科技研究之神速進展，陶瓷產品之神奇性能，而不再視陶瓷工業為老大鰥腫之古老工業矣。

我國雖譽為瓷國（China），然陶瓷之研究與教育以及陶瓷工業，幾乎遭到時風所湮沒，尤以陶瓷教育為甚。筆者曾供職經濟部聯合工業研究所，參與陶瓷研究工作，垂二十餘年。退休後復任教私立聯合工專陶瓷玻璃工程科，迄今七年如茲。首先感到教材幾無，乃暫採用退休前所譯述之有關書籍，然究非久計。遂有獻曝之舉，根據六年來授課心得，試編此冊。全書共計十八章，預計每兩週講授一章，總計三十六週。照目前教部核定之日程表，除去期中、期末及例假外，以每週二小時算，一學年可授畢；或以每週四小時，則一學期即可授畢。

本書之編，首在逗引初機，故稍偏於簡。特在書後增列國內各書局出版社印行之書刊，以為參考及補充讀物，以備教師參考及學生課外研讀之用。

程道腴謹識

目 錄

自 序

第一章 緒 論

一、引 言	1
二、定 義	1
三、分 類	2

第二章 陶瓷發展史略

一、引 言	6
二、前期的陶瓷	6
三、世界陶瓷史略	6
四、方法與設施上的改進	8

第三章 原料(一)

一、類 別	13
二、黏 土	13
三、高嶺土類黏土	19
四、微晶高嶺石類黏土	21
五、雲母類黏土	21
六、白雲母類黏土	22
七、綠泥石類黏土	22

第四章 原料(二)

一、二氧化矽	23
--------------	----

二、二氧化矽之轉換和變換.....	24
三、長石.....	25
四、陶石.....	25
五、霞石正長石.....	25
六、骨灰.....	26
七、石膏粉.....	26
八、耐火材料.....	27

第五章 原料的預處理

一、純化.....	30
二、粉碎.....	31
三、粒析.....	34
四、脫水.....	36
五、乾燥.....	37

第六章 原料檢驗與調配

一、引言.....	38
二、檢驗目的.....	38
三、檢驗的範圍與方法.....	38
四、原料調配.....	40

第七章 成形法(一)鑄形法

一、成形法概論.....	43
二、碱交換說.....	43
三、黏土—水物系.....	45
四、鑄形法.....	46

第八章 成形法(二)

一、可塑性.....	51
二、徒手成形法.....	51
三、拉坯法.....	51
四、鏟坯法.....	52
五、輥機成形法.....	52

六、擠製法.....	52
七、壓形法.....	53
八、均壓法.....	54
九、石膏模型.....	55

第九章 乾燥與修坯

一、蒸發作用.....	57
二、坯體中水與其蒸發率.....	57
三、乾燥的過程.....	58
四、陶瓷坯體的乾燥.....	59
五、乾燥所引起的困擾.....	60
六、修 坯.....	60

第十章 釉 藥

一、概 述.....	62
二、分 類.....	63
三、配釉法.....	63
四、施釉法.....	64
五、釉的燒成.....	65
六、釉的缺陷.....	65

第十一章 熱力對陶瓷原料和坯體的影响

一、概 述.....	67
二、熱力變化和檢驗法.....	67
三、熱力對原料的影響.....	69
四、熱力對坯體的影響.....	71
五、燒成時間表.....	72
六、陶瓷器的燒成分段.....	73

第十二章 陶瓷器裝飾法

一、概 述.....	74
------------	----

二、裝飾法.....	74
三、印飾法.....	74
四、照相法.....	75
五、其 他.....	75
六、中國的裝飾法.....	75

第十三章 窯

一、概 述.....	77
二、分 類.....	77
三、間歇式窯分論.....	78
四、連續式窯分論.....	79

第十四章 日用陶瓷

一、概 述.....	82
二、日用陶瓷分類.....	83
三、土 器.....	83
四、半瓷化器皿.....	84

第十五章 建築用陶瓷

一、引 言.....	86
二、分 類.....	86
三、磚.....	86
四、衛生器皿.....	88

第十六章 工業用陶瓷

一、引 言.....	90
二、化學瓷.....	90
三、耐磨耗瓷耐熱瓷.....	91

第十七章 電氣用瓷

一、概 述.....	95
二、分 類.....	95
三、定 義.....	96

四、硬瓷與電用瓷·····	96
五、特 性·····	97
六、製 法·····	98

第十八章 特殊陶瓷

一、概 述·····	100
二、史 略·····	100
三、特殊陶瓷與傳統陶瓷·····	101
四、堔滑石瓷·····	101
五、強介電體·····	102
六、強電磁體·····	103
七、氧化鋁瓷·····	104

參考及補充書刊

第一章 緒 論

一、前 言

陶瓷製造應追溯到史前時代，也可以說在人類生活方式，進入沃土耕耘的農業時代起，就有了陶瓷。根據古代陶瓷出土記錄和推算，我國陶器之始，距今約一萬年前，稱之為最古老的工業，可當之無愧。當時陶瓷工業只是一種技藝（Art），至今近三百年來，已發展成科技的工具，科學和藝術的結晶品。舉世注目的太空梭外壳隔熱矽片，就是陶瓷工業的最新產品，其他還有傳統陶瓷如炆器，瓷器；改良陶瓷如電瓷，化學瓷，和近代陶瓷如鋁氧瓷，陶金等等。不過，本書所敘述的，因為要適合於初學者，着重於傳統陶瓷和改良陶瓷，即如 Norton 氏所謂的三軸坯體陶瓷（Triaxial porcelain）。

二、定 義

在我國“陶”和“窯”音相通，習慣上指凡以泥土所製成的器皿，以火燒之成堅硬者，均稱陶瓷器。但後來因技術上和使用要求上有所改進，而陶器與瓷器也就分別代表兩大類不同的製品，另外尚有炆器和土器等。英文的“porcelain”一字是來自“pork”，意大利文“porcella”，均指瓷器，而“pottery”一字，與德文“Ton ware”和法文“potterrie”，則指陶器。另外，土器稱（Earthenware），拓器稱（Stoneware），種類日繁，界線也難明確分開，因此，Norton 氏則統稱精質陶瓷（Fine Ceramics）。若依照美國窯業學會（American Ceramic Society），其定義分述如下。

精質陶瓷是一種陶瓷坯體，經過調整，結構精緻均勻，表面覆有釉或無釉者。如是又進而分為三軸坯體其由黏土，石英和長石三成份組成者，及非三軸坯體，其成份中含有其他物料者。

土器是指一種有釉或無釉陶瓷，其孔隙率高或適中者，法文名之“fai-

ence ” (凡恩陶) , 德文稱 Steingut 。

炻器是指一種有釉或無釉陶瓷, 大都採用炻器土製造, 燒後孔隙率低而非半透明體。法文稱 grès , 德文稱 Steinzeug 。

及至我國盛唐時代, 我國瓷器運銷歐陸, 享譽空前, 盛稱之爲 “china” 。軟質瓷 (china) 是指一種陶瓷, 半透明質, 孔隙率低或無而有釉, 二次燒成, 有的釉燒高於素燒溫度。英文稱之 “ paste porcelain ” 或 “porcelaine tendre” 。軟質瓷包括餐具瓷, 骨灰瓷等等。

硬質瓷 (porcelain) 是指一種三軸陶瓷坯體, 質硬而半透明, 低溫素燒, 高溫釉燒, 或一次燒成, 無孔隙率者, 如電瓷等是。

技術陶瓷 (Technical ceramics) 是指一類無孔隙率坯體, 用於電子工業, 如鈦酸鹽, 鐵氧磁體 (Ferrites) , 另包括化學瓷, 牙瓷, 割切工具, 耐磨體等等。

三、分 類

陶瓷器分類繁多, 茲分述如后。

A. 依組成分類法

三軸坯體	由長石, 石英與黏土三成配成者。
非三軸坯體	除上述外, 尚有其他成份者。

B. 中國分類法

土 器
炻 器
陶 器
瓷 器

C. 日本分類法

坯質爲多孔性者 {	未施釉: 土器
	已施釉: 陶器
坯質爲緻密性者 {	不透明: 炻器
	透 明: 瓷器

D. Bourry 氏分類法。

	土 器
有滲透性 {	耐火器
	陶 器

無滲透性 { 炻 器
 { 瓷 器

E. Grauger 氏分類法

多孔性 { 土 器
 { 陶 器

緻密性 { 炻 器
 { 瓷 器

F. Brume Kerl 氏分類法

黏土器 (Tongut) — 指斷面呈土狀，有吸水性，多孔之不透明體，包括①建材如磚瓦，耐火物等。②器皿如土器，粗陶及精陶等。

黏土材 (Tonzeug) — 指斷面半瓷化，無吸水性，緻密，亦無滲透性。包括①坯體乏透明性如白色耐酸磚等，②坯體呈透明性如軟質瓷等。

G. Brongnairt 氏分類法

軟質陶瓷器：能遭鐵器刮傷者。

硬質陶瓷器：不能遭鐵器刮傷者。

H. 北村氏分類法

有吸水性者： { 無釉—土器
 { 有釉—陶器

稍有吸水性者：半瓷器

無吸水性者： { 有色不透明者—炻器
 { 無色不透明者—瓷器

I. 實用分類法

瓷 器	瓦 器
陶 器	土 器
炻 器	磚 瓦

J. Hewitt Wilson 氏分類法

建築用陶瓷

耐火材料

陶瓷器

玻璃器

琺瑯器

磨料

水泥，石灰及石膏

絕緣體包括熱與電絕緣陶瓷等。

K. 近代分類法

傳統陶瓷

白色陶瓷

有色陶瓷

炻器

軟質瓷

硬質瓷

骨（灰）瓷

改良陶瓷

電瓷

化學瓷

富鋁紅柱石瓷

鋳瓷

近代陶瓷

堇青石瓷

堊滑石瓷

鎂橄欖石瓷

尖晶石瓷

葉蠟石瓷

矽灰石瓷

鋰鋁矽酸鹽瓷

氧化鋁瓷

氧化鎂瓷

氧化鈹瓷

燒結純氧化物

燒結純碳化物

燒結純氮化物

陶金

氧化鈦

鈦酸鹽

鐵氧磁體

瓷質

純單成份

J. Norton 氏分類法：

第 1 - 1 表 精質陶瓷分類表

類 型	吸水率(%)	產 品
土 器		
天然土器	+15	桌具, 藝術品, 磚瓦
精質土器	10~15	桌具, 藝術品, 廚具, 磚瓦
滑石質器	10~20	藝術品, 磚瓦, 燉鍋
半瓷化器	4~9	桌具, 藝術品
炻 器		
天然炻器	0~5	下水道管, 廚具, 藝術品, 磚瓦
精質炻器	0~5	燉鍋, 藝術品, 桌具
技術用半瓷化	0~0.2	化學用具
碧石陶 (Jasper)	0~1	藝術品
墨陶 (Basalt)	0~1	藝術品
軟 瓷		
餐旅用器皿	0.1~0.3	重質桌具
家用器皿	0.0~0.2	桌具
骨瓷	0.3~2	桌具, 藝術品
熔塊瓷	0.0~0.5	桌具, 藝術品
特強瓷	0~1	桌具
低膨脹瓷	1~5	燉鍋, 炒鍋
瓷 器		
硬質瓷	0~0.5	桌具, 藝術品
技術用半瓷化	0~0.2	化學用具, 瓷球及瓷內襯
三軸類電瓷	0~0.2	低壓電絕緣瓷
高壓電瓷	0~0.2	高壓電絕緣瓷
鋁氧瓷	0~0.1	火星塞芯, 閥座, 割切工具, 基板, 耐磨品
堔滑石瓷	0~0.5	高壓絕緣瓷, 低損失介電體
鐵氧磁體	0~0.05	高 K - 介電常數
強磁體	0~0.05	永久磁石, 變壓器芯, 記憶體, 天線
瓷化衛生器皿	0.1~0.3	洗滌器, 便桶, 水箱, 小便斗
牙瓷	0~0.1	牙醫用
巴黎瓷	0~0.5	雕塑品
耐火物	0~10	測高溫用管, 燃燒舟, 爐件, 核燃料體

第二章 陶瓷發展史略

一、引 言

黏土特性，無疑的是由散居各地的人們在不同時間單獨的發現的。至於由何而知道黏土的可塑性，和燒後是堅硬耐久呢，却傳說紛紜，不過以黏土製作容器，和以條接法成形，似乎可以認為是最原始的。後來由於人類生活水準提高，需求進步，再加上智慧和經驗相結合，於是推動黏土質製品在質地上，應用上和方法上，逐步地改進，才有今日的陶瓷文化時代。然脈絡相通，請試就其經緯史跡，略敘如次。

二、前期的陶瓷

陶瓷器的製作，始於史前時代，至於作品的種類，則以建築磚為先。照創世紀所載（Book of Genesis），通天塔（Tower of Babel）就是磚砌的，同時人類自高山遷到平地，無岩石可採，遂以黏土製成石狀之磚塊（Brick or block），藉日光和火力使之堅硬，以代岩石而造居所。據最古記載，磚塊是由古埃及人，巴比倫人，腓尼基人和波斯人所發明的。我國陶瓷，據古代陶器出土記錄和推算，距今約一萬年前左右，最初以實用為主，自不外建築磚瓦和鉢罐等容器之類。有釉陶器約在紀元前五千年，至十五世紀才有炆器（低溫）以代粗質土器，至於瓷器，無疑是自我國始。

三、世界陶瓷史略

埃及（Egypt）

埃及和美索波米亞是陶瓷發展的搖籃，這是由尼羅河山谷中考古家發現的。舉凡陶輪（potter's wheel），釉和熔塊，以至熔室窯爐等，都是埃及人發明。不過釉只貼在石蛋上而不合黏土質製品。

中國 (China)

我國陶瓷發展程序是先有土器，始於新石器時代，歷商，周，秦，漢而降至隋唐，宋明清則集前朝之大成，而為陶瓷史上寫下燦爛光輝一頁。中國陶瓷發展概分五期：史前商周（紀元前 3,000～220 年）陶器時代。仰韶彩陶，以筆繪現出一些寫實與抽象並現的紋飾，為中國五千年前卓越藝術表現。商代的白陶和釉陶，是繼承龍山文化黑陶後的突出產物。第二期稱漢唐陶瓷（紀元前 206 年到紀元 979 年），漢代一切明器，人俑都是陶質的，然取材逼真，造象生動，充分顯示出人生情趣與高度藝術創作的才能。唐代的最大成就是“唐三彩”陶器，是集雕塑與繪畫之大成，在中古時代大放異彩。第三期稱宋元瓷器（紀元 979～1368 年）。宋代瓷業的成就有二：一是青瓷的創造，充分表現燒還原焰的技術，已達相當水準。另一是裝飾法（*Decoration*）的顯著進步，即在刻印之外，又創造毛筆彩繪的新法。第四期稱明代瓷器（紀元 1368～1662 年），它結束千餘年的青瓷時代，而以“青花”（*Blue and white*），“單色釉”與“彩瓷”取代，開創我國瓷業的新局面，在瓷的技藝上大放異彩。第五期是清代瓷器（紀元 1662～1911 年），本期改官窯制為“官搭民燒”，同時也提高民窯的製作技術水準。

日本 (Japan)

日本自我國南宋時始在瀨戶燒製黑陶，明代遣人至中國習作青瓷，凡所有製品，皆以產地命名，如瀨戶燒，九谷燒，京都燒等。至於瓷器是在十六世紀中葉，由我國景德鎮傳入，當初是用淡灰色釉下彩，一直到十七世紀初才有各種釉下彩。產品有柿右衛門（*Kakiemon*）瓷，伊萬里（*Imari*）瓷，鍋島（*Nabeshima*）瓷，平戶（*Hirada*）瓷等等。從明治維新以後，陶瓷工業日趨精良，現已執世界之牛耳。

英國 (England)

在十八世紀初，英國陶人仍只能製造些粗質的土器，是利用當地的黏土。到十八世紀末，竟然在精質陶瓷和釉藥方面，大放異彩，有的說是來自中國瓷器，有的說是由錯了再試而來的。無論如何，英國人在十八世紀末有兩大成就：一是昆斯陶（*Queens ware*），這是一種精土器中加入燉的石英粉的，後來改康尼西陶石（*Cornish stone*）加入白燒黏土中製成的。另一種就舉世聞名的骨瓷（*Bone China*），這是在十八世紀末，由 *Josiah Spode* 氏所開發，以牛骨灰為主成份而燒成的。其他尚有巴黎瓷（*Parian*）

Porcelain)，碧石器（Jasper ware）和墨瓷（Basalt ware）等。但是開拓英國陶瓷工業的元老功臣威治伍德氏（Josiah Wedgwood），至今仍為陶瓷界人士所懷念的。

美 國（United States）

無疑的，美國的陶瓷是受自英國，自1812年方起步，到十九世紀中葉才有土器，即所稱紅陶（Red ware）。到1769年，由英國運來的原料，英國訓練的工人，才燒成瓷化器（Vitreous ware）。在第一次世界大戰時期，塊滑石瓷的電絕緣體只有德國可製造，後來美國陶人改用長石代塊滑石，而採用三軸坯體，製成低損耗的高壓電瓷。到1905年，才由Albert Champion氏製成高鋁質瓷，以做內燃機中火星塞芯。

德 國（Germany）

德國是歐陸首先燒製炻器（Stone ware）的，這是在十五世紀初，深紅色。鹽釉（Salt glaze）是德人所開發的獨特釉藥，有說是意外，有說是機遇而發現的。到十六世紀，開始有了浮雕的炻器，因釉薄而透明，紋路依然清晰。大部份器皿是拉坯的，也有使用鈷藍施釉下彩的。

意大利（Italy）

雖然都知道意大利是用氧化錫做失透劑，以製成錫琺瑯的，但是在十五世紀，錫和黃金等值，而且這種技術是西班牙所製西班牙閃光釉（Spanish lustre）器，由馬爵貿易瓷運銷意大利而起的，意人誤稱為馬爵利加（majolica）——這是一種以氧化錫為失透劑的多孔陶器。在十五世紀前期，意國法因薩（Faenza）城成為製陶中心，所生產的粗質土器，外銷法國，遂得凡恩器（faience）之名——又名彩陶或精陶，是施有以氧化錫為失透劑的彩陶，和馬爵利加陶相似的。到十六世紀前半期，意大利對陶瓷工業影響甚大；即大量製造施有錫琺瑯的彩陶，由荷蘭東印度公司運銷東方諸國，再就是將我國明朝的瓷器，運銷歐陸，而引起了歐洲陶瓷工業重大革新與發展。

四、方法與設施上的改進

陶瓷的製作，時至今日，已成為古老藝術和近代科學的奇美結合品。雖然，由於物理和化學的進步，對陶瓷工業工程上有了重大的改進，但仍然有