

陶瓷實驗與計算

潘德華編著

新文豐出版公司印行



序

陶瓷工業是世界上最古老的工業之一。陶瓷器是藝術和科學巧妙配合的產物。我國的陶瓷品曾經有過輝煌的歷史，但在科技發達的今天，欲重振雄風，在國際貿易上爭得一席之地，惟有不斷的益求精進，重實驗，賴科學的、技術的品質管制。

所謂品質管制，就是將原料品質控制在一定的範圍；製作程序上每一階段中間產物控制在一定的特性。其實行的方法就是作各種性質測定實驗。然而實驗方法多散見於各種書刊，使從業者無法做有系統的瞭解。筆者有鑑於此，爰特蒐集陶瓷工業上最基本、最重要的測定實驗方法，參以多年實務經驗與研究心得，編撰成冊，以便於教學及從業者之應用。

又測定求得之數據，予以分析計算，更是重要。其第二篇爲陶瓷計算，使學者對實驗數據更爲瞭解，並引申計算相關數值，兼及配料，釉藥計算，可進一步探求新的配方，作研究發展工作。

筆者於一九六二年自美研習耐火材料回國後，一直在聯合工業研究所從事陶瓷工業研究工作；近年並濫竽私立聯合工業專科學校陶瓷玻璃科教席。工作、教學、研究，幸未中輟。

本書之撰寫，係承工專程主任道腴教授之鼓勵，並蒙審閱核正；新文豐出版公司劉總經理修橋世伯惠允印行；二弟必傳得暑協助校對，使本書得以順利出版，都是我十分感激的。謹一併敬致十二萬分的謝意！

潘 德 華 六十九年九月於工業技術研究院

作者簡介

潘德華

台灣省立工學院化學工程學系畢業

美國密蘇里大學窯業工程碩士

現任工業技術研究院工程師

私立聯合工業專科學校陶瓷玻璃科副教授

曾以「粉碎時間與窯業成品結構關係之研究」、「鈦六十對窯業原料之影響」獲國家長期發展科學委員會甲種研究補助；「台灣白雲石製造鹽基性磚的操作之變數研究」、「合成堇青石之研製」獲中正科學技術研究講座基金董事會研究補助。並有專題研究報告多篇，先後發表於「工程」、「化學」及「工業技術」等期刊。

I 陶瓷實驗設備圖

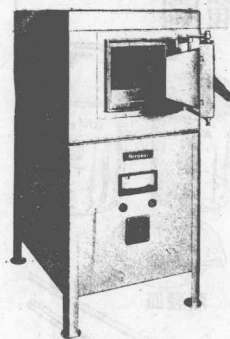
I 陶瓷實驗設備圖

1

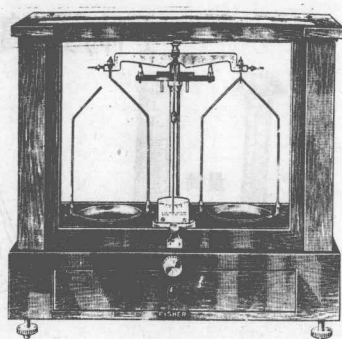


第一圖 玻璃及瓷器設備

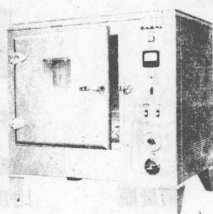
2



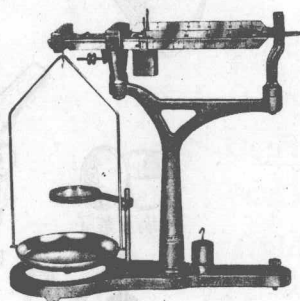
高溫爐



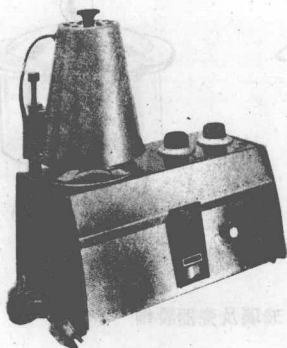
化學天秤



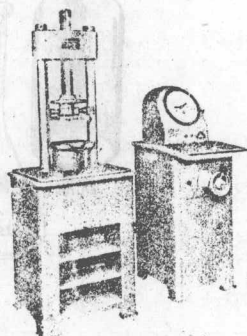
烘箱



單臂天秤

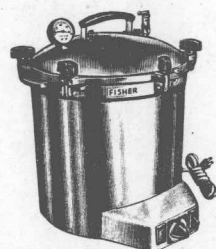
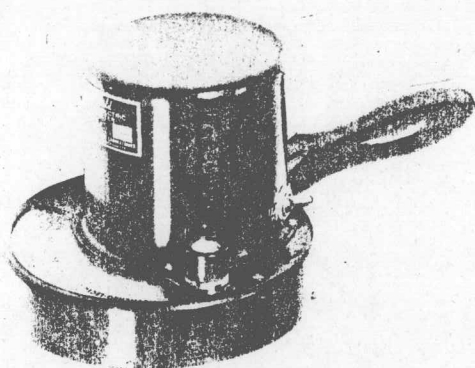


水份測定儀

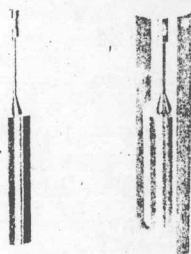


強度試驗機

第二圖 試驗設備



高壓釜



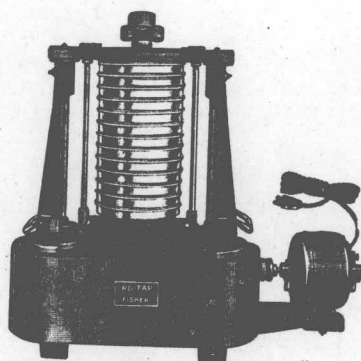
粘度計



加熱爐



標準篩



振動機

第三圖 試驗設備：

陶瓷實驗與計算 目錄

I 陶瓷實驗設備圖.....	1
II 第一篇 實驗 基礎實驗法.....	1
實驗一 含水量之測定.....	1
實驗二 灼熱損失量之測定.....	2
實驗三 粘土可塑水量之測定.....	3
實驗四 可塑性測定.....	4
實驗五 真比重之測定.....	6
實驗六 顆粒篩分分析法.....	7
實驗七 沉積法粒徑測定法.....	8
實驗八 反凝試驗.....	10
實驗九 乾燥收縮率之測定.....	11
實驗十 燒成收縮率之測定.....	13
實驗十一 氣孔率、吸水率、視比重及體比重之測定.....	14
實驗十二 破壞模數之測定.....	16
實驗十三 抗壓試驗.....	17
實驗十四 耐火度測定.....	18
實驗十五 釉裂試驗.....	20
實驗十六 耐磨試驗.....	21
實驗十七 水分膨脹試驗.....	22
實驗十八 熱震抗力試驗.....	23
實驗十九 耐酸性試驗.....	24
實驗二十 熱間脹縮率測定.....	25

II 第二篇	陶瓷計算	26
第一章	含水量與灼熱損失.....	26
第二章	乾燥收縮，可塑水及氣孔水.....	31
第三章	燒成收縮及燒成品性質.....	38
第四章	泥漿調配.....	44
第五章	化學分析與分子式.....	52
第六章	窯業當量，分子式與原料配合量.....	60
第七章	熔塊，熔塊釉之計算.....	71
第八章	原料配合之計算法.....	83
第九章	示性分析，礦物組成.....	92
第十章	表面因素與篩分析.....	103
第十一章	玻璃、釉藥及琺瑯之物理性質.....	109

IV 附錄

1. 元素原子量表.....	114
2. 普通窯業原料之名稱、分子式、分子量與當量.....	116
3. 耐火錐溫度表.....	118
4. 各國標準篩比較表.....	120
5. 練習題解答.....	121

第一篇 基礎實驗法

【實驗一 含水量之測定】

目的：原料吸附水份之測定

設備：天秤、淺盤、烘箱、乾燥器

操作：(1)快速稱出試樣約50 gm，平鋪于已知重量之淺盤中。

(2)置含試樣之淺盤于 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中，乾燥2小時。

(3)移淺盤于乾燥器中，至完全冷卻，約半小時。

(4)稱乾燥後之重量。

(5)重複(2)~(4)步驟，至先後兩次乾燥重量不變。為乾燥重量。

計算：以乾燥重量為基準

$$\text{含水量}\% = \frac{A - B}{B} \times 100$$

A：為試樣重量。 B：為乾燥重量。

問題：1. 述說含水量測定之重要性。

2. 舉例說明含水量之成因。

參考資料：

中國國家標準 CNS2886/R109 陶瓷粘土游離水之試驗法。

【實驗二 灼熱損失量之測定】

目的：陶瓷原料經 1000 °C 灼熱處理後所損失重量之測定。

設備：化學天秤、30cc 坩鍋、電爐、乾燥器。

操作：(1)取約 10 gm 乾燥試樣，置於已知重量(A)之坩鍋中，並稱得總重量為 W_1 gm。

(2)置坩鍋於 1000 °C 電爐中，灼燒約 1 小時。

(3)置灼燒後之坩鍋於乾燥器中冷卻，約半小時。

(4)稱量灼燒後重量。

(5)重複操作(2)~(4)，直至兩次重量相等，紀錄為灼燒重量 W_2 gm。

計算：以乾燥重量為基準，計算灼熱損失百分率。

$$\text{灼熱損失}\% = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - A} \times 100$$

A = 坩鍋重量

問題：1. 原料為何有灼燒損失？

2. 試計算下列原料之理論灼熱損失。

高嶺土、石灰石、白雲石、礬土、苦土、硼酸、
硼砂、石膏、鉛白、磷酸鈣。

3. 灼燒損失對陶瓷製作與成品之影響如何？

【實驗三 粘土可塑水量之測定】

目的：測定調製粘土呈可塑性狀態時所需之水份。

設備：5 Kg磅稱，水份測定儀。

操作：(1)取約 500 gm 粘土料，添加50cc蒸餾水，用手揉練，若不能粘合，再加 5 cc蒸餾水，連續添加水份，直至粘土料能粘合成塊，且不粘手為止。

(2)取可塑性粘土料 5 gm，在水份測定儀上，以紅外線灯泡加熱，水份蒸發而致重量減輕，調整指示器至平衡為止，讀出水份測定儀上數字，即為粘土可塑水量。

問題：1. 粘土可塑水之意義。可塑水與氣孔水和收縮水之關係如何？

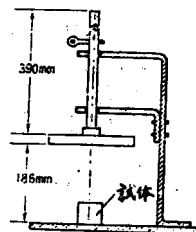
2. 可塑水量高之粘土，其可塑性如何？

【實驗四 可塑性測定】

目的：利用 Pfeffer Korn 法，測定可塑水，以表示其可塑性之大小，探討粘土之成形難易與強度。

設備：Pfeffer Korn 可塑性測定儀

操作：(1)將原料調成軟泥狀態，製成直徑33mm，高40mm之圓柱體



(2)將圓柱體試樣置測定儀適當位置，使總重量 1192 gm 的鐵棒及鐵盤，自 186 mm 之高度，自由垂直落下衝擊試樣。

(3)測量受衝擊後試樣之高度。

(4)測量試樣之水份。

(5)計算原有高度與壓縮後高度之比，若比值大于與小于 3.3 時，重覆試驗測量之，至少五次。

(6)以含水量為縱軸，高度比值為橫軸，繪製其關係曲線。

(7)由曲線上讀出 3.3 比值時之含水量，即為樣品之可塑性值。

問題：1. 試述可塑性之重要性。

2. 列舉其他測定可塑性的方法。

參考資料：

台灣窯業 101 期 19 頁。

【實驗五 真比重之測定】

目的：真比重是固體物料不包括開孔及閉孔之實質比重，由此可確定物料之純度，及燒成後之密度，是一種重要物理性質數據。

設備：化學天秤、比重瓶、烘箱、加熱板、100 號標準篩。

操作：(1)取50 gm 樣品研磨，使全部通過 100 號標準篩，在 105 ~ 110 °C 烘箱中乾燥至恒重。

(2)比重瓶洗淨，在 105 ~ 110 °C 烘箱乾燥至恒重，重量為 P gm。

(3)加約10 gm 乾燥之樣品入比重瓶，設比重瓶與料之總重為 W 。再加入比重瓶容量 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$ 之蒸餾水加熱煮沸，沸騰半小時，然後再加蒸餾水至滿瓶注意勿有過多外溢水份。稱量比重瓶，料、水之總重為 W_2 。

(4)比重瓶充滿蒸餾水時之瓶及水重為 W_1 。

計算：真比重 =
$$\frac{W - P}{(W - P) - (W_2 - W_1)}$$

問題：1. 試簡述密度與比重之意義。

2. 試寫出比重 2.63 粘土之公制單位密度值及英制單位密度值。

3. 何謂體比重？何謂視比重？

參考資料：

中國國家標準 (CNS) 2893/R116。

【實驗六 粒度篩分析法】

目的：利用標準篩分析探求原料之粒子大小分佈情形。

設備：標準篩一套、篩分振盪器、玻璃皿、烘箱、天秤。

操作：(1)稱取試樣 200 gm，（如含水份則先測其含水量，求乾重量），置 1 公升容器中，加足夠量之水份，放置約 1 小時，使顆粒完全崩散。

(2)使試樣通過篩分選用的一套，由大而小的篩子，並用橡皮管沖洗（注意不使試樣流失，若在成塊者可用手指揉開）。

(3)將停留在各篩號網上的殘渣，分列移玻璃皿，在 $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 乾燥約 2 小時。

(4)稱出各號篩網上殘渣重量。

計算：從各篩網上殘留殘渣重，再除以 2 即為在該篩之百分率，通過最細者為 100 減去各號篩上的百分率之總和。

報告：繪製粒徑為橫軸，重量累計值為縱軸之試樣粒徑分佈曲線。

問題：1.理論粘土之平均粒徑為多少？

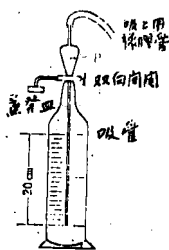
2.細砂、塵砂、粘土物質之粒徑大致範圍為多少？

【實驗七 用沉積法測定粒徑】

目的：粒徑小於 44μ 者，依據 Stoke 法則在懸浮液中沉積速度，求出試樣之粒度分佈情況。

設備：Andreason Pipette、燒杯、4 號標準篩、烘箱、天秤。

操作：1 將樣品粉碎通過 4 號標準篩、稱取 5 gm 試樣，（配製成 1 wt % 混合液），置燒杯中，加水 200 cc 加 0.1 N $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 10 cc，充分攪拌均勻。



Andreason pipette

2. 移置 Andreason Pipette 瓶中，加水至容器標線，蓋好，充分搖盪均勻，靜置，即記錄時間，為起始時間。

3. 吸取 10cc 溶液（pipette 上方圓球之容積），流入小燒杯，圓球內部略以水沖洗，沖洗液亦流入小燒杯，操作時切忌搖動容器瓶。

4. 小燒杯置 $100 \pm 5^\circ\text{C}$ 烘箱，充分乾燥，冷卻稱量得 10cc 中之固體量。

5. 靜置適當 t 分鐘後，再進行 (3)(4) 操作。

6. 記錄 pipette 內液面高度、玻璃吸管抽入之高度。

計算：測定試樣比重為 $D_1 \text{ g/cm}^3$ ，水比重為 $D_2 \text{ g/cm}^3$ 。