

職業教科書委員會審查通過

密業檢驗與計算法

安 德 盧 著

張澤堯 林維傑譯



商務印書館發行

職業學校教科書

窯業檢驗與計算法

A. I. Andrews 著

張澤堉 林維傑譯



商務印書館發行

中華民國二十九年八月初版
中華民國三十六年六月再版

1947 1940

◆(63344)

職業學校
教科書

密業檢驗與計算法一冊

Ceramic Tests and Calculations

定價 國幣 肆元

印刷地點外另加運費

原著者

A. I. Andrews

譯述者

張維 林維 傑壺

版 翻
權 印
所 必
有 究

發行人

朱經農
上海河南中路

印刷所

商務印書館

發行所

商務印書館
各地

(本書校對者徐燕齡) 春

譯 序 一

成品之製造，有難有易，未可等量齊觀。如燭也，香粧品也，紙也，革也，瓷品也，其製造之難易，大有差別。不知者，如以爲製瓷品亦如製燭，製香粉等之易，則誤矣。故各國無特設製燭，製皂，製化粧品等之學校，而陶瓷則多有專校也。甚至陶瓷一科，又分白瓷，琺瑯，玻璃，彩繪等門，而一校則專精一門焉，亦可窺知其非易事矣。如美之河海阿大學，則長於白瓷；伊利諾大學，則長於琺瑯與玻璃；紐約省之亞爾弗納校，則長於彩繪；抑何分工之細耶！而國人往往視製瓷爲易事，以爲咄嗟可以立辦。甚或自名內行，及令負製造責任，乃不能有若何成績。是皆因陶瓷製造，本爲一繁複之技術，非學問與經驗俱深者，未克有成也。

窯業計算，乃最便利，而使窯業品製造試驗，省時省料，並能察知其成敗原因之唯一終南捷徑也。惟其中所包括之方法，雖只略知化學與代數學者，即可學習，但其運用與巧妙，則全恃心思仔細，應用純熟，而能有實習經驗與判斷力，方可推陳出新，省時省事。固非率爾操觚者，所能窺其奧妙也。澤堽幼嗜陶瓷，得計算法而知其運用以解決窯業製造上各問題之妙，誠一極有價值之學問也。

二十六年度，同志林維傑兄，來渝任四川省立工業職業學校分校（舊陶瓷學校）事，即勸其利用此法，以解決製造上之各問題，本年秋，爲時不過一載，而林君告我用此計算法以得到之成績，實令人拍案叫快。噫，吾固知其爲一種有價值之學問

也。爰擇安氏 (A. I. Andrews) “Ceramic Tests and Calculations” 一書，趕爲譯出，以餉國人。至其同類之習題題解，則俟稍暇再爲續出焉。

考陶瓷 本首先製造於我國，故有 China 之名。惜國人對於學術，多不重視。以致數千年之珍祕，盡爲外人所利用。外人調查之，研究之，整理之，而作成有系統之紀載。故其學問蒸蒸日上，而工業亦日有進步，固非偶然也。吾國人又豈能無愧哉！

本書所包括之內容，已詳於原序，可爲工業職業、陶瓷專校之教本。亦可爲學陶瓷者自行研求之用。並可爲辦陶瓷工廠者參考之需。甚望國人之能充分利用之也。

惟本書之譯，雖蓄志有年，而完成則在國難期間，人事擾攘，分奔離析之際。故其中謬誤之處，或在所難免。用此書者，發現而教正之，則譯者之所厚望也。是爲序。

民國二十七年九月張澤奎謹識於重慶旅次。

譯 序 二

陶瓷製造，首創於吾國，然僅限於普通陶瓷器而已。滬地雖有國人經營之陶瓷廠多家，應用機械作業，製造瓷磚，電氣瓷器，耐酸陶器等，然種類有限，於各類陶瓷器之性質，鮮有精究之者。其他如江西景德鎮，福建德化之瓷器，雖有悠久歷史，然其出品與東西洋較，猶多遜色。至於各類陶磁器之製造，則更無澈底研究之者。故硬質陶器，衛生陶器，化學瓷器等，皆仰給於舶來，言之痛心。考其原因，則以坯釉調製者多墨守舊法，而不敢改變；縱有苦心研究之者，然每不得其法，而餒其志。因無良法，故今日國內瓷器中，具有極光澤釉藥如西洋者，誠不多見，而熔塊釉之應用，更屬有限，國人既以普通瓷器製造為難事，於特質瓷器自更不敢問津矣。雖然，欲解決此困難問題，並非乏術，祇須從計算法與研究着手而已。配合優良坯釉，并非偶然僥倖之事，必須於配合之先，有詳細之方針與計算方可。有機化合物之合成，每先草其製造之原料與其步驟，然後在實驗室中研究其實現之方，終至有應用於工業製造上之可能。陶瓷製造亦如之，某類瓷坯於某溫度中燒成，應施以某種釉藥，亦須於事先起草釉式，從而計算其原料配合量。試驗結果，殆皆與理想者相近。此余年來所身經之事，亦即本書之優點也。本書所述之法甚多，不惟於陶瓷製造；有極大效用，於其他窯業工業如玻璃，琺瑯，耐火材料，水泥等，亦有無限之用途。尤為參考窯業文獻者所必備之工具。是本書不可徒以計算法目之。實窯業品製造與研究之基本智識也。

民國二十五年秋，余欽化學界前輩張澤堉先生之勸導，以西南各省原料豐富，宜於工業建設，以求自給自足，故應川方之聘，置身於陶瓷器之製造。澤堉先生復囑以用本書所述之法，為研究各問題之根據，必有成效。二十六年秋，余在陶瓷校創設坯釉配合實習一科，即依澤堉先生之意，以本書為根據，教導學生配合坯釉。結果諸生對於千年來守祕之坯釉調合法，皆能代之以科學方法，應用裕如。前此之困難，迎刃而解；前此之懷疑，頓然冰釋。因念本書之優良，故遵澤堉先生之意，合譯此書，以餉國人，為教學與研究之用。抗戰以還，余曾以研究所得，為入川政府機關工廠大學校等，製造所需各類耐火用品，高壓電氣瓷器，特質瓷器等，以代歐美成品，力求自給自足，以符澤堉先生初意於萬一。因感澤堉先生之敦勉，特於此致謝。其他則詳述於澤堉先生文中，不多贅焉。

民國二十七年九月

林維傑

於重慶高工陶瓷科工場

原 序

此書爲予學者以指導，並供給此最便利而精確之窯業計算法以必需之各因數而設。只須略具化學與代數知識，即可應用此書，而無多大困難。

書內有試驗黏土之普通方法與標準方法，並說明其與計算之關係。書之上部，多論及黏土試驗及其計算與解釋。在此範圍內者有原料，乾燥性質與燒成性質，及成品之品質等。

至書之後部，則論及釉，坯，瑣瑣與玻璃等之計算。將公式變爲配方或化學組成，及將配方或化學組成變爲公式，與各種之變更均與焉。熔塊熔重之計算，膨脹系數及其他物理性，亦論之，並舉例以說明。熔塊釉，論之尤詳，熔塊配合之規則，亦論及之。

每章之末，附有習題，以測驗學者對於該章所述方法之應用及其領悟之程度。其答案則附於章末。附錄內有計算所需之因數表多種：如原子量；分子量；當量；熔點；熔解度；標準篩號數；三角錐驗熱計；溫度換算表；對數表；重量，容量，長度之關係與其換算法，等等。

安德盧 (A. I. Andrews)

目 次

第一章	實驗結果及計算之精度與錯誤	1
第二章	濕量與灼熱減量	10
第三章	乾燥收縮,可塑水量,收縮水與氣孔水	15
第四章	燒成收縮與燒成性狀	25
第五章	機械強度	41
第六章	釉,坯與瑱瑯	48
第七章	公式量(分子量),當量與公式原料調合量之計算	58
第八章	生釉之配合與從公式計算配製方及從配製方計算公式	65
第九章	熔塊釉	76
第十章	混合與泥漿之比重	89
第十一章	示性分析與礦物組成之計算	101
第十二章	玻璃,釉與瑱瑯之物理性質	111
第十三章	表面係數與篩分析	116

附 錄

原子量表	123
------	-----

三角錐之軟化點及其溫度距離	124
對數表	126
鑄業用原料	128
計算玻璃性質用之係數	138
攝氏與華氏溫度換算表	140
十進制度量衡表	142
美國制度量衡表	143
十進制與美國制度量衡表之比較	144
關於標準尺度篩之重要試驗結果	148
問題答案	151

窯業檢驗與計算法

第一章

實驗結果及計算之精度與錯誤

根據一種試驗所得結果之精度，全視應用之試驗方法所能得到之精度而定。精度不宜應用於錯誤之試驗結果。

試驗結果，可有兩種完全不同之錯誤，即：(a) 應用方法之固有錯誤，與 (b) 意外之錯誤，是也。

【固有錯誤】 固有錯誤，因一切試驗方法，皆各有其自然之限制，故不能免除。此種錯誤，或大或小，在所不免。其原因可由一種或多種而來，如測量精度之限制；組成分分之知識；實驗情況，如時間，溫度，與壓力之控制；結果之解釋等。凡此原因，必須細加考慮與權量，以定固有錯誤或試驗方法之精度也。

【意外錯誤】 意外錯誤，雖對於最有經驗與細心工作者，亦或將潛入；但與固有錯誤較，則多數可以避免。意外錯誤，乃由於試驗時操作上之差錯，因一般未曾防患之於先，故其影響常甚重大。雖然，此種錯誤，可因應用重複或數度試驗而大減；可能時，最好應用兩種不同之試驗方法，以求得試驗結果。採用兩種不同之試驗方法，可免重患同樣錯誤之弊。例如，在簡單演算時，數字相加，若先按某種次序相加，然後反其次序行

之，則兩次相符合之結果，必較兩次均按同樣次序相加者，可靠殊多。

綜上言之，某種試驗數字之精度，不僅有賴於所應用試驗方法之精度，且亦有賴於執行此方法時操作上之精度。故求得試驗數字與估量試驗數字之價值時，常須十分留心；因其為計算結果，導引結論，與計劃將來工作之根據也。非完全可靠之試驗數字，萬不可容納，因其較無用之試驗數字尤壞；且用之不惟產生不良之結果與錯誤之結論，反更使時間上受非必要之損失也。

今就線乾燥收縮 (Linear drying shrinkage) 之測定，加以討論，以說明所謂之限制。測定線乾燥收縮之試驗法，乃用水使黏土呈可塑性，然後模製約 $1 \times 1 \times 6$ 吋尺度之試驗條。在其呈可塑性時，測定此試驗條之長度。然後將其乾燥，復在乾燥狀態下，測定其長度。可塑時長度與乾燥後長度之差，謂之乾燥收縮。

此類實驗室工作上之固有錯誤，多而頗大。舉凡用以使黏土呈可塑性時之水量，製造黏土試驗條之方法，黏土乾燥及收縮不均與彎曲之傾向，以及黏土前此之處理，與他種原因，皆使精確之測定殆不可能。此類原因，雖大部可以控制，但對於結果，恆生重大之影響。結果之精度，既受如是限制，則測定可塑時長度與乾燥後長度至任何精密度，亦必無用。故所需要之工具，惟一副測徑器 (Caliper) 與一普通良好之 12 吋尺可已；而測定則不必較 $\frac{1}{32}$ 吋，更為精密也。即用螺旋測徑器 (Micro-meter caliper) 以測定長度，其結果亦未必更為精確，且將引起誤解；因其所指示之精度雖大，但較之試驗方法所能保證者，則試驗方法之精度，誠望塵莫及也。如上述試驗，即能得到

螺旋測徑器之精度，亦係無用；因此種精度，應用於黏土時，無論如何皆不易達到。故無必要之精度，大可避免；因其易生誤解，並使計算上受不必要之繁複。惟測定雖只須達到可靠之精度，但工作仍必細心爲之耳。

計 算

設我等有已知精度之可靠試驗結果，則另一問題，即如何計算之，並表示此結果，使能於計算時僅失去其精度之最微量，而結果精度之表示，不較實際上所能確得者爲大。結果之精度，大多數以實驗數字或求得此數字之方法而定。但有時結果之精度，則受計算之限制。因計算精度，常有限制；在此種情形下，計算精度之限制，常使結果之精度，亦受影響。故計算時，必須十分注意，此種限制；因吾人每易有企圖計算試驗結果至極精度之傾向，（尤以初學者爲多），以爲愈仔細，愈精密，實則不盡然也。

【有意義之數字】 計算時最易發生之一疑問即爲“於結果中應用幾位數字”？欲答此疑問，恆須知試驗時究達到如何之精確度；但此恆須有良好之判斷。某種試驗之精確程度，固可用統計法測定之；惟此處將不討論，因其係另一種科學，最好就其本身討論之也。就一般測量言，測得數字，決不能較尺度上最小部分下第一位小數更爲精確。尺度上之實在刻度下第一位數字之 $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{2}$ 以下，欲測量之，已殆不可能。惟初學者，每有企圖過度精度之傾向，然此實可不必，因其徒爲不必要之工作，而使結果上之數字，徒費解耳。

故測量術之精度，實可限制結果之精度；須知計算結果，欲達到較計算時所用諸數字中之最不精確者更爲精確（得到

更多之小數位)，乃決無可能者。

如演算普通加法，設有下列二數相加：

$$\begin{array}{r} 36.1 \\ 142.3 \\ \hline 178.4 \end{array} \text{ (答)}$$

則上列試驗數字之最大錯誤為 ± 0.05 ，而結果之最大錯誤亦如之。

但如取下列試驗測定之數字相加，則情形不同：

$$\begin{array}{r} 36.1 \\ 142.401 \\ 126.2134 \\ \hline 304.7144 \end{array} \text{ (答[錯誤])}$$

因第一數之最大錯誤為 0.05 ；第二數則為 0.0005 ；而第三數則為 0.00005 。此三數之一，其精度僅達 ± 0.05 ，故結果不能因其他較精確之數目，而有更大精確度之可能。以此，上列之精確結果實為 304.7 ，而非 304.7144 也。雖然，於最後精確數位下，再用一數位，乃為一良好之習慣；因結果包含此增加之數字者，恆較無此數字者，更接近於實況。換言之：有意義之數位，乃包有一切所能確知者外，更加一位也。故前述加法之有意義數字，乃為 304.71 。又在前述加法中，第二數，第三數與第一數共用，實過於精確，故可圓整之；即二數於第二位時，皆可變成最近之整數也。其加法可表示之如下：——

$$\begin{array}{r} 36.1 \\ 142.40 \\ 126.21 \\ \hline 304.71 \end{array} \text{ (答)}$$

如在上列計算內，此數數字，乃僅有之試驗數字，則各數字之位數，均不必記載較所用者更多。雖然，如在他種計算，其

精度應更準確時，則應記載至該精度之數字耳。

設上列數字(126.2134)，實為126.2150；則疑問在究應書為126.21或126.229普通應用之方法，各有不同；有主張一律增為其次之較大數字者，亦有主張使成為最近之整數者，兩法以後法為較佳；因在同樣情形下，苟有多數如此者時，則數目之加減有等消之可能。況主張一律增至其其次較大數字者，亦乏理由；而用其次之整數時，則變大與變小之機會常相等。故如是結果若干個，必將彼此相等而不致增大。而126.2150實應書為126.22也。

關於小數位與精度，減法亦如加法。所得餘數，不能較求得此餘數各數字中之最少精度者，更為精確也。

乘除時，精度如何，恆於錯誤百分率或比較錯誤。例如：有一長方形，寬10.0吋，長100.0吋，面積則為 $10.0 \times 100.0 = 1000.0$ 方吋。如於測量時，有0.1吋之錯誤，而其寬度測定不精確，誤為9.9吋，則此測量之錯誤，為100分中之1或1%。用此不準確之測量數字，其面積為 $9.9 \times 100 = 990$ ；其錯誤乃1000分之10或1%，與測量時之錯誤相同，如測量長度（非寬度）時，具有錯誤，且長度測定不精確而為99.9吋，寬度10.0吋則無誤，此時測量之錯誤，則為1000分之1或0.1%。所計算之面積（ $99.9 \times 10.0 = 999$ ），其錯誤亦為1000分之1，或0.1%。故結果如可有1%之錯誤，則較1%更大之精確度，實為不可靠。於乘法時，有較大錯誤之數字，其錯誤百分率或比較錯誤於確定積數之精度，極關重要。換言之，於乘法時，如其中一因子較他因子大五倍或十倍時，則較小之錯誤，實可忽略之。如各因子之比較錯誤，大小皆相若，則積數之可能錯誤，當約等於此諸錯誤之和。如有二數3.82與4.981相乘，縱

其一數之精度為 49810 分之 5，其結果之精度，將為 3820 分之 5。

上所述者，於除法亦然。因最大錯誤百分率乃有賴於除數與被除數也。如 $4.8 \div 10.214$ ，其結果之精度，縱除數之錯誤僅為 102,140 分中之 5，實為 480 分中之 5，或約 1% 也。

據上所述，可知吾人於計算時，苟不留意於可能之精確度，則無用之工作，不知已枉費多少。應用上述原則，則往往工作可以節省，因可以應用縮短計算法，而仍得到相當之精度也。

【縮短計算法】 縮短計算法，如應用算尺，對數與乘除節短計算法，在多數情形下，可以應用而決不致引入任何錯誤。

算尺之應用，此處將不加以說明，因在多數課本中，皆能覓得其應用與原理之說明也。普通 12 吋算尺，如能運用適當，其精度可達 500 分之 1。

應用對數，亦為縮短計算工作之另一幫助。四位對數表所引入之錯誤，約為 3000 分之 1；故執行稍精確之計算工作，所需要者四只位對數表即足。如更欲精確，則可用較完全之對數表。應用對數時，避免不需要數字之方法，亦如前述。

【縮短乘法】 此法雖縮短，但於結果則未引入任何錯誤，且自動免除許多不需要之數字。下舉之一例，示 4.8132×0.2138 之普通法與縮短法：——

普通法	縮短法
4.8132	4.8132
0.2138	0.2138
385056	9 6264
144396	4813
48132	1444
96264	385
1.02906216 (答)	1.02906 (答)

由上討論，可知欲得較 $\frac{5}{21,880}$ 更為精確之結果，殆不可能。因答案所具之可能錯誤，與其因數之最不精確者相同也。在上列縮短法中，其答案與用普通法計算者相符，其精度為 $\frac{5}{1,029,060}$ ，而此精度，實較二者中任何方法之真實精度為大。

縮短乘法之說明：

1. 形式排列，與普通乘法相同。
2. 惟用乘數最左邊之數字為始，依次向右方乘之，以代用乘數最右邊之數字為始，依次向左方乘之之法。
3. 乘數左方之第一數字乘畢，被乘數右方之第一數字即被刪除。然後再以乘數左邊之第二數字乘之。每次乘後所得之積，依次排列，而每積數之右方數字，均適在其前者之下。
4. 如乘數與前面第一個刪除數字相乘，得有應進位之數字時，則此應進位之數字，必須加入於所得之積數。在上列問題中，即始終應用此方法，茲更說明之如下：——

1. 在兩法中，數字之排列相同。
2. 被乘數，4.8132，以乘數，0.2138，之左方數字，2，乘之，等於 96,264。

3. 被乘數右方之數字，2，刪除之。被乘數然後以乘數左方之第二數字乘之。因 2×2 （已刪除之數字）= 4，且無可進位之數字，故得棄之。次以 1 乘刪除末一數字後之被乘數，等於 4813，將其安置使數字 3 適在第一積數右方數字 4 之下。再次，被乘數之數字 3，又被刪除；因 $3 \times 3 = 9$ ，近於 10，故於下次乘時，須加 1。下次之乘法為 $3 \times 1 = 3$ ；積數，3，加移進之 1，故等於 4。然後位置積數 1444，使其右方數字，4，適在前一積數之右方數字下。次將自右第三位數字 1 刪除，以 8 乘之，其運算如前。所得數字，然後