

職業教科書委員會審查通過

4522  
密業檢驗與計算法

安德盧著

張澤廷 林維傑譯



4.6

商務印書館發行

AS  
T819.6  
2

職業學校教科書

# 窯業檢驗與計算法

A. I. Andrews 著

張澤堯 林維傑譯



3 1796 5080 3

商務印書館發行

## 編印職業教科書緣起

我國中等教育，從前側重於學生之升學，但事實上能升學者，究佔少數；大部分不能不從事職業。故現在中等教育之方針，已有漸重職業教育之趨勢。近年教育部除督促各省市教育行政機關擴充中等職教經費，並撥款補助公私立優良職業學校，以資鼓勵外，對於各類職業學校之教學，亦擬有改進辦法。其最重要者，為向各省市職業學校徵集各科自編講義，擇尤刊印教本，供各學校之採用。先後徵得講義二百餘種，委託<sub>做</sub>館組織職業教科書委員會，以便甄選印行。<sub>做</sub>館編印中小學各級教科書，已歷多年，近復編印大學叢書，供大學教科參考之用。關於職業學校教科書，亦曾陸續出版多種，並擬有通盤整理之計畫。自奉教育部委託，即提前積極進行。經於二十五年春，聘請全國職業教育專家及著名職業學校校長組織職業學校教科書委員會。該會成立後，一面參照教育部印行之職業學校課程表及教材大綱，釐訂簡明目錄，以便各學校之查

考；一面分科審查教育部徵集之講義及敝館已出未出之書稿。一年以來，賴各委員之熱忱贊助，初審複審工作，勉告完成。計教育部徵集之講義，經委員會選定最優者約達百種，自廿六年秋季起，陸續整理印製出版。本館已出各書，則按照審查意見澈底修訂，務臻妥善，其尚未出版者亦設法徵求佳稿，以求完備。委員會又建議，職業學校之普通學科，內容及分量，均與普通中學不同，亟應於職業學科外，編輯普通學科教本以應各校教學上之迫切需要。敝館謹依委員會意見，聘請富有教學及編著經驗之專家，分別擔任撰述。每一學科，並分編教本數種，俾各學校得按設科性質，自由選用。惟我國各省職業環境不同，課程科目亦復繁多，編印之教科書，如何方能適應各地需要，如何方能增進教學效率非與各省實際從事職業教育者通力合作不為功。尚祈全國職業教育專家暨職業學校教師，賜以高見，俾敝館有所遵循，隨時改進。無任企幸之至。

中華民國二十六年七月一日 王雲五

## 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，如以為製瓷品亦如製燭，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，瑤瑯，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，則長於瑤瑯與玻璃；紐約省之亞爾弗納校，則長於彩繪；抑何分工之細耶！而國人往往視製瓷為易事，以為咄嗟可以立辦。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，本為一繁複之技術，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。澤堯幼嗜陶瓷，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，為時不過一載，而林君告我用此計算法以得到之成績，實令人拍案叫快。噫，吾固知其為一種有價值之學問

也。爰擇安氏 (A. J. Andrews) “Ceramic Tests and Calculations” 一書，趕為譯出，以餉國人。至其同類之習題題解，則俟稍暇再為續出焉。

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，盡為外人所利用。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，可為工業職業，陶瓷專校之教本。亦可為學陶瓷者自行研求之用。並可為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。是為序。

民國二十七年九月張澤遠謹識於重慶旅次。

## 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鑒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，則論及種，坯，琺瑯與玻璃等之計算。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。熔塊黏，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,坯與琺瑯	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,釉與琺瑯之物理性質	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
鑛業用原料	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 (Micrometer 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:

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

則上列試驗數字之最大錯誤為  $\pm 0.05$ ,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:

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

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  $\pm 0.05$ ,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:——

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

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。況主張一律增至於其次較大數字者，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，經



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 分之 5，實為 480 分之 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，不知已經費多少。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，皆能覺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  $4.8132 \times 0.2138$  之普通法與縮短法：——

普通法	縮短法
4.8132	4.8132
0.2138	0.2138
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
385056	9 6264
144396	4813
48132	1444
96264	385
<hr style="width: 100%;"/>	<hr style="width: 100%;"/>
1.02903216 (答)	1.02906 (答)

由上討論，可知欲得較  $\frac{5}{21,380}$  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  $\frac{5}{1,029,660}$ ，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  $2 \times 2$  (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

照普通方法加之。

【縮短除法】縮短除法，一如縮短乘法，其精度與被代替之普通運算法相同，惟計算之工作，則大大縮減。此因結果中之可能錯誤，不致較求得此結果之各數字中最不精確者之可能錯誤為小也。下列為普通與縮短除法之一例：以 671 除 4253。

普通除法	縮短除法
$\begin{array}{r} 6.338301 \\ 671 \overline{) 4253 \ 000000} \\ \underline{4026} \phantom{00000} \\ 2270 \phantom{0000} \\ \underline{2013} \phantom{000} \\ 2270 \phantom{000} \\ \underline{2013} \phantom{00} \\ 5570 \phantom{00} \\ \underline{5368} \phantom{00} \\ 2020 \phantom{00} \\ \underline{2013} \phantom{00} \\ 700 \phantom{00} \\ \underline{671} \phantom{00} \\ 29 \end{array}$	$\begin{array}{r} 6.34 \\ 671 \overline{) 4253} \\ \underline{4026} \phantom{00} \\ 227 \phantom{00} \\ \underline{201} \phantom{00} \\ 26 \phantom{00} \\ \underline{27} \phantom{00} \end{array}$

因除數中僅有三位有意義之數字，故商數中亦僅能有三位有意義之數字。商數之精度，為  $\frac{5}{6340}$ ；然從而得商數之數字之精度，則低至  $\frac{5}{6710}$ ，故用縮短除法與普通除法所得之結果，其能顯出精確度之數字，實相符合。

縮短除法之說明：

1. 將數字排列，與普通除法同。
2. 照普通除法，先除一次。

3. 將除數之右方數字刪去，估計所餘數，為第一次除後所餘者之幾倍。如自刪去之數字中，有可計入者，即計入之。例如：除數所餘之數字為 6，但其先所刪去之數字為 7。惟除數較近於 7，不近於 6；6 除 26 約為 4； $6 \times 4 = 24$ ，而 7 除 26 不足 4； $7 \times 4 = 28$ ；故答案為 3.5，將其帶至最近之偶數，則為 4。

縮短計算法，一般皆可用之。若稍加練習並細心為之，則不僅可縮短計算工作，且可增進精度，因其簡而易行，可免去許多錯誤也。

應用數字時，常須十分小心；須確信不惟可自其得到最大之精度，且亦不至表示較其所具之精度為大。如某數之精度，僅至個位為止，如 156，則書 156.0 為不精確；因其表示其精度至小數點下之第一位矣。反之，如必須用此零（.0）時，即數字之精度可到小數點下之第一位時，而將其刪去，則亦為不精確也。

## 第二章

### 濕量與灼熱減量

審業上所用之原料，種類甚多，有合成者，亦有天然者。有種原料，係純粹之化合物，有係溶液；亦有係混合物者；故同一種原料，第一次者與第二次者，其組成分或同或不同，未能一定。因之，其組成分須時時核對之。核對之方式，有簡單試驗，熔融試驗；濕量測定，或化學分析。試驗方式之選擇與結果之解釋，須富有經驗與審察力，因其為管理原料之要圖也。一般言之，以簡單試驗為尚；但多數則精度之重要性，實較簡單之利益為更大。

原料之濕量，極關重要，因在同一種原料中，由於種種原因，如裝運貯藏之環境，及原料之化學與物理的性質，其變動範圍甚大。原料中之水分，可有二種不同之方式，一為機械的，一為化學的。化學的組合水，如氫氧化鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) 中之水，或硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 中之結晶水，皆係組成該分子之重要部分。在某一種原料中，化學的組合水，一般不變；但有時亦有變動，如上述之硼砂是。至機械的結合水，乃原料表面或粒間之濕氣。原料如置於乾暖處，則失去之；如置於潮濕處，則或吸收之。故機械的結合水，為一極不一定之因子也。

【濕量之測定】 機械的結合水，(或在少數情形下，結晶水之一部分)，測定方法，乃取一已秤定之試樣，置於  $110^\circ\text{C}$  ( $230^\circ\text{F}$ ) 之乾燥箱中，乾燥之，至其重量不變為止。試樣之原重

量，與其經乾燥後重量之差，為其中所含機械的結合水重量。濕量之百分率，則可根據原重量或乾燥後重量計算之。後法為較良之法，除特別聲明外，本書將採用之。雖然，亦有根據原重量（濕重量）計算而更為便利者。

【濕量百分率計算示例】 如有黏土試樣 100.0 公分，在攝氏 110 度下，乾燥至重量不變後，重為 87.0 公分。根據濕重量 (W.W.)，計算其濕度百分率為何？

$$100.0 - 87.0 = 13.0 \text{ 公分(濕氣)}$$

$$\begin{aligned} \text{濕量百分率(W.W.)} &= \frac{\text{濕重之公分重量}}{\text{濕重量}} \times 100 \\ &= \frac{13.0}{100} \times 100 = 13.0\% \end{aligned}$$

根據乾重量 (D.W.)，計算其濕量百分率為何？

$$\begin{aligned} \text{濕量百分率(D.W.)} &= \frac{\text{濕度之公分重量}}{\text{乾重量}} \times 100 \\ &= \frac{13.0}{87.0} \times 100 = 14.9\% \end{aligned}$$

鑒業上原料大量採購時，其含水量乃一重大項目。多數工廠，於每張發票上皆註明其濕度含量，並執以為與商販說明原料數量不足之根據。在大多數鑒業工作上，水分含量，時時核對，實極關重要。惟含水量之經濟問題，並非唯一之重要問題，亦非最重要之問題；因於秤定原料以配合時，究竟原料中所加入之水為若干，又純粹原料為若干，實極關重要者。此於白色陶瓷器與釉藥及琺瑯之原料調合，尤為特著。以原料組成分之微小變動，對於成品之品質，即有重大之影響也。

多數鑒業原料，除水外，尚含有其他之揮發成分，僅能在較高之溫度下驅逐之。如黏土，可含碳質物，此碳質物可分解；

含碳，可受氧化；含碳酸鹽類，亦可分解；同時亦可含硫化物，硫酸鹽類與其他鹽類，皆可因氧化，還元，或燃燒而分解。至發生此種變化之溫度，則因不同原料與不同之組成分而異。

此項揮發成分之測定，於計算珞瑯，釉藥等用之熔塊 (frits) 之熔融重量 (melted weights)，至關重要。多數比較純粹之工業原料，皆具有自原重量變為熔融重量之因數，其他則須測定其差。此差數，謂之灼熱減量 (Loss on Ignition)，可表示黏土中之碳含量。

【灼熱減量之測定】 灼熱減量，可用燒去一切揮發成分之法測定之。其法，一般係加熱於已稱量之試樣，至某溫度，使足燒去一切在燃燒該原料時所能燒盡之物質。在試驗室中，此項試驗之實施，乃加熱於瓷坩堝中之已稱量原料，先用暗淡火焰，嗣用噴燈。試樣之原重量與灼熱後重量之差，即為灼熱減量。灼熱減量百分率之計算，乃根據未灼燒原料之重量。為便利計算某種試驗結果計，亦偶有根據已灼燒之重量計算者；然此必須聲明之，因灼熱減量大多數係根據未灼燒之重量計算也。

$$\text{灼熱減量百分率} = \frac{\text{重量之損失}}{\text{原試樣之重量}} \times 100。$$

加熱於黏土試樣時，乾燥後所餘機械的水分，最先被逐。至近赤熱，則組合水亦被逐，碳質原料則分解，如有充分之空氣存在，碳亦即燃燒而成二氧化碳，如試樣加熱不太速，則所有碳素皆可燒盡；但加熱過速，則碳素可因原料之熔融而被包裹，因而防阻其進一步之氧化。至硫化物，則始而分解，繼而氧化為硫之氧化物，以氣體形態而逸去。在最高之溫度，則碳酸鹽類分解而為金屬氧化物與二氧化碳氣體；於更高之溫度，與

適當情況下，即硫酸鹽亦能分解矣。

各種黏土，實際上均含此種雜質若干，與 10—14% 之化學組合水。至含碳質之頁巖，其碳素與他項雜質，有時可高至 30%，但較優等之黏土，一般雜質合計，只約在 1%。高嶺土與瓷土 (China clay)，則含量極微。灼熱減量雖為一粗簡之試驗，但於黏土及其他原料之估價，可供給極有價值之指示，實極重要也。

### 習 題

下列每題中，其濕量百分率與灼熱減量各為若干？(a)根據原重量，(b)根據乾重量或 (c)灼熱重量？

	原重量	乾重量	灼熱後重量
1.	238	227	201
2.	496	456	401
3.	381	330	326
4.	421	400	398
5.	432	320	297
6.	672	521	436
7.	762	672	576
8.	196	87	78
9.	88	77	76
10.	931	896	807

- 如灼熱減量，根據原重量計算為 18.0% 時，問根據於最後之重量應為若干？
- 如乾燥減量為 11.5%，而未乾燥前之灼熱減量為 17.2%，(a)根據於乾燥重量時，已乾燥試樣之灼熱減量百分率應為若干？(b)根據原重量時應為若干？(c)根據最後重量時應為若干？
- 如下列原料之濕量為：黏土=0%，長石=2%，與矽石=10%，則欲得下列乾燥原料以配合時須各用若干？



黏土,	872 磅
長石,	280 磅
燧石,	410 磅

14. 如某種長石之灼熱減量為 3%；白堊, 41%；燧石, 0%；與矽砂, 34%；問下列諸原料之熔融重量為何？

長石,	382 磅	矽砂,	172 磅
白堊,	72 磅	燧石,	201 磅

15. 設下列混合物之燒灼後重量為 982.38 公分, 而其原重量為 1000.00 公分, 如其他成分無灼熱減量時, 問黏土之灼熱減量為何？

長石,	20.0 磅
黏土,	40.0 磅
燧石,	40.0 磅

16. 計算下列各物物理論上之灼熱減量：

(a) 高嶺土岩,  $\text{O}_2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (損失所有水分)

(b) 硼砂,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (損失所有水分)

(c) 白堊,  $\text{CaCO}_3$  (損失所有  $\text{CO}_2$ )

17. 欲製下列各物 100 磅, 應用各物之重量若干？

瓷土, 6	長石, 4
球狀土, 6	燧石, 8

應用原料之濕量如後：瓷土, 3%；球狀土, 7%；長石, 2%；燧石, 0%。

18. 今擬用純硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 10%；加於某種原料配合中；如以純淨硼砂之僅含總水分 12% 者代之, 問加入之百分率應為若干？
19. 在問題 17 中, 如原料之濕量不計, 假定其為乾燥而配製之, 則原料配合後, 100 磅中, 實含乾燥原料各若干？
20. 舊硼砂之灼熱減量為 18%, 問其與 54 磅之  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  相等量時, 則其重量為何？

### 第三章

#### 乾燥收縮,可塑水量,收縮水與氣孔水

實際上,所有黏土與黏土坯,乾燥時,均表現一種收縮現象。此因機械的結合水之揮發所致;蓋此結合水,本於各粒子間形成錯雜組織,各粒子因而雜間,更因坯體表面,受乾燥作用,發生一種壓力之故也。水分蒸發,則各粒子移動,彼此更為接近,而坯之體積,亦整個減少。乾燥收縮量若干,與數種要素有關;最重要者,為黏土之水含量與其性質。一般言之,水含量高者,收縮亦大;水含量低者,收縮亦小;同時黏土粒子之大小,不同粒子之比較的大小與形狀,及壓成試樣之方法,亦皆為影響之要素。黏土之線乾燥收縮,在粗大沙質,無可塑性之黏土,可為 0%;而細粒並有高可塑性者,則可為 15%。

乾燥收縮,為一種極重要之性質;因過度收縮,可使成品生乾燥龜裂,彎曲與歪扭。預知乾燥收縮與燒成收縮之量,實甚關重要;因於製造素坯時,即可有相當之預留地步,使成品燒成後之大小形狀,得以正確也。

【測定乾燥收縮之方法】 乾燥收縮,可用測量素地濕時與乾燥時之線或體積而定之。濕時與乾時兩值之差,即為乾燥收縮。

美國窯業協會測定乾燥收縮之標準方法如下:(1)——

---

(註1) 標準規格委員會報告,美國窯業協會年鑑 1921—22。

(1) 試樣之大小與形狀 試樣應製成約  $30 \times 30 \times 45$  mm. ( $1\frac{1}{8}'' \times \frac{1}{8}'' \times 1\frac{7}{8}''$ )。乾燥後之大小尺度，自然將隨不同之黏土而異。

(2) 黏土之預備 黏土須在  $64^{\circ}$ — $78^{\circ}$  C 間，完全乾燥，且粉碎之，使可通過標準 20 號篩，(試驗篩之暫行標準)。然後加水混合，使成柔軟而具可塑性之黏度，再用手捏練之。

(3) 試樣片之製造 試樣片須在一適當之金屬模型中製成之；模型大小約  $30 \times 30$  耗 ( $1\frac{1}{8} \times 1\frac{1}{8}$  吋)，其長度則可隨意。製成後，試樣片應切成 45 耗 ( $1\frac{7}{8}$  吋) 之長度。為免黏土之黏附，模型應均勻薄敷以火油或輕機器油；至敷油次數，則可按需要而為之。試樣片之製作，可以手取黏土一塊，略較裝滿模型所需者為大，捏練之使成一長卷，約與模型之長度相近。然後將其置於模型中，用拳之軟部打擊之，使其填滿於四角。餘土可用一鐵線削平之，再用刮子使其光滑，然後標記號數，為識別之需。工作者須留意勿沾油於手。試樣片製成後，應即脫離模型而置於平滑之草鋪上，注意不可使其彎曲。

試樣片亦可在—活塞抽動壓機中製成。機中裝有一鑄型，約 30 耗 ( $1\frac{1}{8}$  吋) 平方。用任何法製成之樣片，其四角均須稍加修整。

(4) 可塑體積 可塑體積應在一 Seger 氏式體積計中測定之。<sup>(1)</sup>比重約 0.8 之火油，應用為度量之液體。體積應量至最近之 0.1cc.

(5) 乾燥 可塑體積測定後，試樣片之表面，應用軟布輕輕拭乾之，以除去火油之薄膜，並放在室溫中乾燥，使達空氣

---

(註 1) 他種體積測定器亦可利用，而得到滿意之結果。

乾燥之程度。然後將其在  $64^{\circ}\text{--}76^{\circ}\text{C}$  間乾燥,至少 5 小時。最後則放在  $110^{\circ}\text{C}$  度下乾燥之,至幾達不變之重量。除放置於乾燥器中外,在上述操作期間,絕對不可令其冷卻至室溫。經最後之乾燥處理後,試片須放置於乾燥器中冷卻之,直至繼續試驗時為止。

(6) 乾體積 乾燥之試樣片,應令其浸於與前用於體積計內同比重之火油內,至 12 小時;然後照第(4)項可塑體積之測定法,測定其體積。體積收縮,應用下列公式計算之:

$$b = \frac{V_p - V_d}{V_d} \times 100,$$

其中  $b$  = 體積收縮百分率;

$V_p$  = 可塑體積;  $V_d$  = 乾體積。

(7) 線收縮 此數值,應從體積收縮百分率,依下列公式計算之:

$$a = \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{b}{100}} \right] \times 100,$$

其中  $a$  = 線收縮百分率

(8) 報告 報告乾燥收縮時,須有下列之數字,且其數值應為自二個試樣片得來之平均值:

(a) 根據乾體積得來之體積收縮百分率。

(b) 根據乾長度得來之線收縮百分率。

以上所述,雖係根據於乾燥狀態而得到體積與線之乾燥收縮,但一般亦多根據於可塑狀態而得到此等數值。故本書中,乾燥收縮問題中之根據,將必一一說明。至乾燥收縮根據於可塑狀態之計算法,則如下述。符號亦與標準法所用者相同。

體積乾燥收縮(根據於可塑狀態)

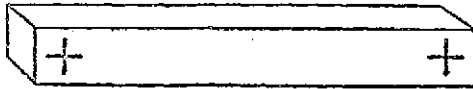
$$v_p = \frac{V_p - V_d}{V_p} \times 100;$$

線乾燥收縮(根據於可塑狀態)

$$a_p = \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{b}{100}} \right] \times 100,$$

其中  $b$  = 根據於可塑體積而得來之體積收縮。

【線收縮測定法】 線收縮，與體收縮測定無關，可直接以試驗測定之。其法，乃於一試樣上，在某一定之距離，標記二點；至試樣之製成，則與測定體積收縮時相同。然後將試樣，如測定體積收縮時乾燥之，再行測量兩點之距離。在可塑狀態與乾燥狀態下兩點間距離之差，即代表其收縮。線收縮測定用最便利之標記法，即於試樣某一邊之兩端，劃互相平行之二細線，此二細線；然後用一與試樣長度平行之斷線橫劃之。此二線之交叉點，即確立二點，觀第一圖自明：



第一圖

線收縮百分率，可依下列公式計算之：

$$\text{線收縮百分率} = \frac{\text{可塑長度} - \text{乾燥長度}}{X} \times 100,$$

$X$  為可塑長度或乾燥長度，視根據於可塑或乾燥狀態，以計算收縮率而定焉。

【用懸掛重量法以測定體積】 在可塑狀態或乾燥狀態下，試樣體積之測定，尚有一極便利之法，可以換用，茲述之於後：試樣按美國鑛業協會方法，浸於火油中，然後再稱定，使達 0.05 公分之精度，然後將其懸於火油中，火油之比重，則與前

此試樣所浸入者相同。惟火油之正確比重,必須知悉。此可秤定一已知容積之量,以測定之,並應採用 C. G. S. 制。

用下列公式,計算試樣之體積:

$$\text{體積} = \frac{\text{火油浸透之重量} - \text{懸於火油中之重量}}{\text{火油之比重}}$$

【例】 有一試樣,經比重0.810之火油浸透後,秤重98.00公分;懸於同比重之火油中時,其重量則為70.00公分,問其體積為若干立方公分?

$$\text{體積(立方公分)} = \frac{98.00 - 70.00}{0.810} = 34.6 \quad (\text{答})$$

【可塑水量】 可塑水量者,乃使黏土成為可供工作良好黏度時所需之水量,以乾燥黏土重量百分率表示之。可塑水量之範圍甚廣,粒細而可塑之黏土所含水量多;砂質而不可塑者,所含水量少。

美國鑛業協會測定可塑水量之標準法,有如下述:——

(1) 試樣 試樣之大小與形狀,須相同;其製造法亦應與詳述於乾燥收縮測定法中者無異。(第16頁)。

(2) 可塑重量 邊角應用手指輕擦之,以免使用時之損失,在天平中秤之;精度應達0.1公分。

(3) 乾燥 試樣之可塑重量測定後,可任其在室溫下乾燥之,至達空氣乾之程度。然後將其在64°—76°C下乾燥,至少5小時。最後置於110°C下,乾至重量幾不變為止。

(4) 乾燥重量 乾燥試樣,應放在乾燥器內冷卻至室溫為度,然後如前秤定之,至同樣之精度〔第(2)項〕。

(5) 計算 可塑水量,應依下列公式計算,而以乾燥土條重量之百分率表示之:——

$$T = \frac{W_p - W_d}{W_d} \times 100,$$

其中  $T$  = 可塑水量百分率;

$W_p$  = 可塑試樣之重量;

$W_d$  = 乾燥試樣之重量。

(6) 報告 用三個數值之平均數，為可塑水量百分率之報告。

【例】可塑試樣之重量為 238 公分，其乾燥重量為 198 公分，可塑水量之百分率為何？

$$T = \frac{W_p - W_d}{W_d} \times 100;$$

$$T = \frac{238 - 198}{198} \times 100;$$

$$T = 20.2\% \text{ (答)}$$

【收縮水與氣孔水】美國鑿業協會，解釋收縮水為可塑水量之一部分，其散失至收縮停止時為度。至氣孔水，則解釋為可塑水量之另一部分，其散失乃自收縮停止時起，至黏土試樣置於攝氏 110 度下，殆達重量不變時為度。故可塑水量減去收縮水量，即等於氣孔水量。

以上各項，計算時，所需要之試驗數字，為可塑體積，乾燥體積，乾重量與可塑水量，均依前述乾燥收縮與可塑水量測定法而測定者。

計算收縮水量之公式，有如下述：

$$t = \frac{V_p - V_d}{W_d} \times 100,$$

其中  $t$  = 收縮水量百分率，

$V_p$  = 可塑體積(立方公分)

$V_d$  = 乾燥體積(立方公分)

$W_d$  = 乾重量(公分)

計算氣孔水量之公式, 有如下述:

$$t_2 = T - t,$$

其中  $t_2$  = 氣孔水百分率,

$T$  = 可塑水量百分率。

【例】某黏土之可塑水量為 20.0%, 試驗時, 其可塑體積為 109.0 立方公分, 乾燥體積為 80.0 立方公分, 而乾重量為 174.0 公分。問 (a) 其收縮水與 (b) 其氣孔水為若干?

(a) 收縮水:

$$t = \frac{V_p - V_d}{W_d} \times 100 = \frac{109.0 - 80.0}{174.0} \times 100 = 16.7\% \text{ (答)}$$

(b) 氣孔水:

$$t_2 = T - t = 20.0 - 16.7 = 3.3\% \text{ (答)}$$

### 習 題

(1) 計算下列體積乾燥收縮 (根據於可塑狀態) 及可塑水量。火油之比重為 0.813。

號數	可塑重量	懸掛時之 可塑重量	乾 重 量	浸透之乾重量	懸掛時之 浸透重量
1.	19.52	57.57	80.47	90.67	54.32
2.	93.57	50.01	78.58	88.29	53.12
3.	101.72	59.02	82.39	93.00	55.58
4.	97.20	56.15	78.25	88.57	52.67
5.	97.64	57.64	79.20	90.01	53.63
6.	93.22	57.73	79.59	90.64	53.76



7.	102.19	60.09	82.77	93.52	55.66
8.	98.61	58.05	79.88	90.56	53.7
9.	97.99	56.69	78.85	89.62	53.11
10.	94.40	55.20	77.22	86.92	52.40
11.	85.45	45.63	61.40	75.55	40.95
12.	85.65	45.65	61.70	76.6	42.39
13.	96.90	56.00	79.02	89.10	53.56
14.	97.99	56.69	78.85	89.62	53.11
15.	97.10	55.64	77.54	89.02	52.68
16.	96.68	56.08	78.31	89.50	53.12
17.	99.80	58.66	80.77	90.41	54.94
18.	97.45	57.29	79.20	88.88	54.03
19.	98.31	58.15	79.42	89.32	54.01
20.	98.98	58.33	79.92	90.00	54.35

(2) 從下列試驗結果，計算線乾燥收縮之平均值，(a) 根據於乾燥長度，(b)

根據於可塑長度。

號數	可塑長度	乾燥長度	號數	可塑長度	乾燥長度
1.	15.0	14.3	6.	15.0	14.5
	15.0	14.15		15.0	14.4
	15.0	14.2		15.0	14.3
2.	15.0	14.15	7.	15.0	14.3
	15.0	14.1		15.0	14.25
	15.0	14.05		15.0	14.2
3.	15.0	14.2	8.	15.0	14.3
	15.0	14.20		15.0	14.4
	15.0	14.25		15.0	14.4
4.	15.0	14.00	9.	15.0	14.45
	15.0	14.55		15.0	14.45
	15.0	14.55		15.0	14.4
5.	15.0	14.1	10.	15.0	14.15
	15.0	14.0		15.0	14.15
	15.0	13.9		15.0	14.2

(3) 將下列自強積乾燥收縮變為線乾燥收縮:

號數	體積收縮	號數	體積收縮
1.	37.94	2.	13.69
3.	19.72	4.	21.39
5.	29.50	6.	30.15
7.	10.41	8.	31.69
9.	40.73	10.	24.37
11.	39.70	12.	31.37
13.	37.83	14.	32.32
15.	29.74	16.	25.87
17.	38.75	18.	35.95
19.	38.55	20.	26.12

(4) 將下列之線乾燥收縮變為體積收縮:

號數	線收縮	號數	線收縮
1.	13.2	11.	14.2
2.	3.6	12.	4.9
3.	16.0	13.	12.2
4.	11.4	14.	13.8
5.	13.1	15.	9.5
6.	11.0	16.	11.1
7.	15.5	17.	10.7
8.	8.9	18.	15.0
9.	11.8	19.	14.7
10.	7.1	20.	9.6

(5) 從下列試驗結果, 計算可能之各項目:

- 乾重量.....87.25 公分
- 浸透後重量.....91.42 公分
- 懸掛時重量.....33.82 公分
- 夾油 100cc 重.....81.5 公分

(6) 如試驗土條之平均乾燥體積收縮(根據於可塑狀態)為 31.4%, 問乾燥後為下列尺寸之塊, 在可塑狀態時, 其大小應如何?

口直徑(外部).....	22吋
(內部).....	20吋
底直徑(外部).....	12吋
(內部).....	10吋
高    (外部).....	10吋
(內部).....	9吋

(7)數個粘土試驗條之可塑長度與乾燥長度,有如下述 試計算(a)平均線乾燥收縮與(b)平均體積乾燥收縮。

可塑長度	乾燥長度
15.0	14.1
14.9	14.1
15.1	14.2
14.85	14.15
15.05	14.0

(8)自下列試驗結果,計算可能之各項目:

可塑體積.....	88.2 立方公分
乾燥體積.....	71.2 立方公分
可塑重量.....	182.6 公分
乾燥量.....	121.0 公分

(9)自下列試驗結果(根據於可塑狀態)計算平均線收縮與體積收縮:

可塑長度	乾燥長度
15.1	14.1
14.9	14.0
15.0	14.2
14.95	14.0

## 第四章

### 燒成收縮與燒成性狀

黏土坯於燒成時，另受一種收縮，謂之燒成收縮。燒成收縮，一如乾燥收縮，變化範圍甚廣，視多種原因以爲斷。其原因，如所用黏土之種類，黏土之細度，黏土中有機物之含量，成坯之方法，與坯體燒成時所用之熱度等，皆是。一般言之，可塑性黏土，較之非可塑性者，其乾燥收縮與燒成收縮皆較大。黏土中之有機物，一般皆能使燒成收縮增加。在某範圍內，卽至熔融與分解發生時止，熱度愈高，則黏土收縮亦愈大。雖然，由上所述，斷不可卽謂收縮可不試驗而能精確預言之。蓋黏土之燒成性狀，變化甚廣，有在較低溫度，卽達最大之收縮者，亦有須更高甚多之熱度者。某種黏土，可在高熱度時成熟，但較之在低熱度成熟者，收縮較少得多。

燒成收縮，與乾燥收縮同，爲黏土之一種極重要性質，因其太大時，亦可使器物發生歪扭，彎曲與龜裂。無論如何，燒成收縮之測定，乃甚關重要；因知之，方可控制成品之大小。此不僅用黏土時爲然，卽含黏土之坯土，亦莫不然也。

**【燒成收縮之測定法】** 燒成收縮之測定，與乾燥收縮相似；所不同者，卽試樣係被火燒而非受乾燥，且燒成後，試樣之體積測定，可用水以代火油耳。

**【燒成收縮之計算】** 燒成收縮百分率之計算，係根據於乾燥體積與乾燥長度。其計算法可根據下列公式行之——：

$$\text{線燒成收縮百分率} = \frac{\text{乾燥長度} - \text{燒成長度}}{\text{乾燥長度}} \times 100;$$

$$\text{體積燒成收縮百分率} = \frac{\text{乾燥體積} - \text{燒成後體積}}{\text{乾燥體積}} \times 100。$$

從體積燒成收縮，變為線燒成收縮，可用下列之公式：

$$\text{線燒成收縮百分率} = \left[ 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{\text{體積燒成收縮百分率}}{100}} \right] \times 100。$$

【例】有一試樣，乾燥時，收縮線相距 9.6 釐 (cm.)，體積為 98.0 cc.；但燒成後，收縮線相距 8.5 釐，而體積為 68.16 cc.。問線燒成收縮百分率為若干？又體積燒成收縮百分率為若干？

$$\text{線燒成收縮} = \frac{9.6 - 8.5}{9.6} \times 100 = 11.46\% \text{ (答)}$$

$$\text{體積燒成收縮} = \frac{98.0 - 68.16}{98.0} \times 100 = 30.45\% \text{ (答)}$$

從體積燒成收縮，變為線燒成收縮之例：

$$\begin{aligned} \text{線燒成收縮} &= \left( 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{30.45}{100}} \right) \times 100, \\ &= \left( 1 - \sqrt[3]{.6955} \right) \times 100, \\ &= (1 - .8854) \times 100, \\ &= 11.46\% \quad \text{(答)} \end{aligned}$$

$$\text{線燒成收縮} = \left( 1 - \sqrt[3]{1 - \frac{\text{體積燒成收縮}}{100}} \right) \times 100;$$

$$\begin{aligned} \text{體積燒成收縮} &= 1 - \left( 1 - \frac{\text{線燒成收縮}}{100} \right)^3 \times 100, \\ &= 1 - \left( 1 - \frac{11.46}{100} \right)^3 \times 100, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1 - (.8854)^8 \times 100, \\
 &= (1 - .6941) \times 100, \\
 &= 30.45 \% \text{ (管)}
 \end{aligned}$$

【燒成性狀】考查燒成性狀之方法，編入窯業計算課本中，雖似可不必，但為使讀者熟知其手續，因而更易領悟下列各計算法之意義起見，本書亦將其加入。黏土燒成時，其性狀之漸次變遷，包括氣孔，體積，顏色，硬度，吸收力，機械強度，外觀比重及真比重等。

美國窯業協會測定黏土燒成時性狀之方法，有如下述：<sup>(1)</sup>

(1) 試樣 黏土之預備與試樣之造成，應如乾燥收縮測定法 1, 2, 3, 項(第 16 頁)所詳述者，然後將其乾燥之，並測定其乾燥體積，亦如同法 5, 6, 兩項中所述者。

(2) 燒成 試樣，應置於耐火之悶爐(muffle)中，或裝於匣鉢中，其壁愈薄愈佳；然後將匣鉢或悶爐置於試驗窯內。試樣之裝置，不宜過密。試驗窯之有效容積，不得小於  $1\frac{1}{2}$  立方呎。

燒成，可用任何便利方法行之；但最初數次之燒成，其熱度之分配，應密切加以考查。一組依 Seger 氏公式而為 Edward Orton Jr. 教授所製成之三角錐高熱計，應置於裝置之試樣旁，愈近愈妙。但熱度之控制，仍須再用鉑，鉑鎳熱電偶行之。故熱度應以三角錐與熱度計二者之示數報告之。如用後者，則對於冷接點熱度 (cold-junction temp.)，須預先加以修正。

所用三角錐之範圍，須在黏土之燒成範圍內，此應由工作

(註 1) 標準規格委員會報告，美國窯業協會年鑑 1921:—22。

者判定之。就一般言之，不純普通磚土之燒成，用以置於窯中之錐，可為 014—3 號；頁巖與稍上等之鐵質黏土類，則可為 012 $\frac{1}{2}$ —5 號；耐火黏土類，則可為 02—15 號。燒成時，應保持氧化狀況。

從燒火起，加熱速度以每小時 45°C 為最佳；至加熱處理至與第三連續錐之軟化點相當時為止。溫度較此為低時，第一試樣即須取去。從此點起，至燒成時止，速度為每小時 20°C。無論如何，第一期中，加熱速度，每小時必不可逾 60°C 或不及 30°C；而在末期，則每小時不可逾 25°C 或不及 15°C。

(3) 試樣之取出 依黏土性質之不同，不純普通磚土之試樣，可在三角錐 010 熱度時開始取出。頁巖與較佳之鐵質黏土，則可在三角錐 08 熱度時；至耐火黏土類，則可在三角錐 2 熱度時。此後每隔二錐，自窯中取出一試樣。並在取出前，記載熱度計所表示之溫度。自窯中取試樣時，以速為妙，俾免窯之過度冷卻。平常於每次取出後，須略加熱。

試樣自試驗窯取出後，須(a)即覆以熱砂，或(b)置於一小輔助窯中，其熱度保持於暗紅熱，而其容積足以容納所有取出之試樣者。燒火終了，輔助窯應令其按自然速度冷卻之。(窯爐之控制，一般認為用熱電偶，較用三角錐熱度計為準確，尤以試驗為目的時為著；但據試驗所指示，應用三角錐，可減少某次燒成與他次燒成之變化，因其燒成速度與火度均勻之差，甚微也。)

(4) 秤量 試樣，冷卻至可提取時，須置於有濃硫酸之防潮器中，待其冷卻至室溫。嗣將其詳細檢查，並小心除去燒成時所附着之砂粒或其他物質，然後在天秤中秤定，至精度達 0.1 公分。

(5) 飽和 已稱量之試樣，應置於一適當器皿中，覆以蒸餾水，煮沸二小時，仍浸於水中，令其冷卻至室溫。煮沸時，試樣不可與容器之受熱底部接觸。

(6) 飽和重量 每個試樣，當冷卻至熱近 20°C 時，應用一濕毛巾輕拭之，以除去過剩水分，並在空氣中稱定之，至精度達 0.1 公分。然後將其再置於蒸餾水中，以待將來體積測定之用。

(7) 燒成體積 燒成體積應在 Seger 氏式之體積計中測定之；所用之測量液，為蒸餾水。試樣置入體積計與從其取出時，手續應完全一致，毋使體積計中之水容量，發生可覺之變動。

(8) 外觀氣孔 外觀氣孔，應用下列公式計算之：

$$P = \frac{Sf - Wf}{Vf} \times 100,$$

其中  $P$  = 外觀氣孔百分率，

$Sf$  = 飽和燒成試樣之公分重量，

$Wf$  = 燒成試樣之公分重量，

$Vf$  = 燒成試樣之立方公分體積。

(9) 體積變量 體積變量，應從下列關係測定之：

$$b_1 = \frac{Vd - Vf}{Vd} \times 100,$$

其中  $b_1$  = 體積變量百分率，

$Vd$  = 乾試樣之立方公分體積。

(10) 外觀比重 外觀比重，應用下列公式測定之：

$$G = \frac{Wf}{Vf - (Sf - Wf)},$$

其中  $G$  = 外觀比重，



(11) 體積比重 體積比重，應用下列公式計算之：

$$Gb = \frac{Wf}{Vf}$$

其中  $Gb$  = 體積比重。

(12) 圖示結果 結果作成圖解時(最為便利)，加熱處理，最好以三角錐號數表示之。取出試樣時之每個三角錐號數下，應附註熱度計之攝氏度數。橫坐標與縱坐標之等距離，應各代表二個三角錐與 5% 氣孔率。表示容積變量時，亦應用同樣價值之坐標。

(13) 色變化 色變化應以平常方法表示之。

(14) 硬度 硬度變化，可用刀口切割試樣之法測定之，或注意試樣與鋼相較之比較硬度。

(15) 吸收 吸收，應報告為乾試樣重量之百分率，即以乾試樣之公分重量，除所吸收水分之重量，而得之。

茲將前法中所用諸名詞，解釋之於下：

外觀氣孔者，包括原料中一切氣孔之容積，而能依上述方法浸試樣於水中以飽和和填充者。

外觀比重者，乃試樣中不受水浸透部分之比重，亦即固體物質與封入氣孔或洞穴之比重。故外觀比重者，乃試樣不受水浸透部分每單位容積之重量也。

體積比重，即固體物質封入氣孔或洞穴及水浸透氣孔合成體積之比重。故體積比重，乃每單位外容積之重量也。

【真比重】真比重者，乃組成該物料固體物質之比重，不包括一切開閉氣孔在內。美國鑒業協會所訂，測定黏土真比重之標準法，有如下述：

(1) 試樣 檢查鑒業原料，一如化學分析然，其試樣應用

同樣之小心與精確以得之。如為已燒之原料，則其試樣最少應有自不同地位得來之試樣或試物二份。且其原來面積與其體積之比，應不較在整個試樣中之比例為大。

試樣如須壓碎時，應在硬鋼面間壓碎之，然後在一玻璃乳鉢中粉磨，至通過第 100 號篩為度（試驗篩之暫行標準尺度）（第 197 頁）。已燒之試樣，或其他不似含有磁性成分之原料，壓碎後，所有一切磁性物質，應以磁石除去之。試樣，應按此方法製備約 10 公分，在  $110^{\circ}\text{C}$  下乾燥之，至重量不變，然後將其置於有玻蓋之秤量瓶中。

(2) 比重瓶 比重瓶，須質料優良，製造精確。口部磨至平滑，使瓶蓋安置時，瓶蓋與玻璃瓶間，無不合處。比重瓶，應用瓶蓋中有微管者。

(3) 秤量 一切秤量，應在精密化學天平上行之，秤至小數點以下第四位；其單位為公分。在一氣壓下，而其溫度為  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。瓶與瓶蓋，在  $100^{\circ}\text{C}$  乾燥後之重量，應記為  $p$ ；而瓶中裝蒸餾水後與瓶蓋之重量，應記為  $W_1$ 。

(4) 試樣之加入 試樣約 2 公分，置於比重瓶中（在  $110^{\circ}\text{C}$  下乾燥後），與蓋共秤，其重量應記為  $w$ 。然後將瓶裝蒸餾水，至其容積之三分之一，再將瓶蓋安置妥洽，用紙一片，置於蓋與瓶之間，以免黏着，小心沸騰 15 分鐘。再將瓶裝蒸餾水，至其頸之底部，並令其冷卻至  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 。冷卻後，試樣洗滌，即可將瓶裝滿，並以軟布拭瓶使乾。

(5) 最後秤量 然後將比重瓶重秤，其重量應記為  $w_2$ 。

(6) 計算 真比重可自下列公式得之：

$$Gt = \frac{w - p}{(w - p) - (w_2 - w_1)}$$

其中  $Gt$  = 真比重,

$w$  = 有蓋比重瓶與試樣之重量,

$p$  = 有蓋比重瓶之重,

$w_1$  = 有蓋比重瓶, 裝水後之重,

$w_2$  = 有蓋比重瓶, 試樣, 與水之重。

(7) 核對 應作兩次測定並報告之, 且兩次數字, 應符合至 0.005 範圍內。

【例】 以下列之實驗結果, 計算試樣之真比重:

$$w = 28.2314 \quad w_1 = 68.1392$$

$$p = 18.2138 \quad w_2 = 73.4921$$

$$Gt = \frac{w - p}{(w - p)(w_2 - w_1)},$$

$$\begin{aligned} Gt &= \frac{28.2314 - 18.2138}{(28.2314 - 18.2138) - (73.4921 - 68.1392)} \\ &= \frac{10.0176}{10.0176 - 5.3529} \\ &= \frac{10.0176}{4.6647} = 2.1475 \quad (\text{答}) \end{aligned}$$

【真比重計算之改善法】<sup>(1)</sup> 計算真比重方法, 如上所述者, 易受多種極大之錯誤, 故欲得到高級之精度, 殆不可能。其中最重要之錯誤, 乃因對於水之密度, 未加改正。再者, 前述之測定法, 常須在某一溫度下行之, 否則因比重瓶之膨脹與收縮, 將生錯誤。惟此種錯誤, 能加改正; 蓋比重瓶如曾標定其在不同溫度下之體積, 則可製就一改正曲線以備用, 或造一在不同溫度下比重瓶體積之曲線, 則更佳矣。如此, 則吾人苟測定

(註1) 此法係意大利諾意斯大學 T. N. McVay 氏所求得者。

比重瓶之重量  $p$ ，比重瓶與試樣之重量  $W$ ，及比重瓶與試樣與水在某已知溫度下之重量  $W_2$ ，吾人即可用下列公式計算比重：

$$Gt = \frac{W-p}{\left(\frac{W_1-p}{d}\right) - \left(\frac{W_2-W}{d}\right)},$$

其中  $d$  = 水在試驗時溫度下之密度。

此公式之由來，如下：

試樣之重量 =  $W-p$ ；

瓶中水與試樣之重量 =  $W_2-W$ ；

瓶中有試樣時水之體積 =  $\frac{W_2-W}{d}$ ；

瓶較準時水之重量 =  $W_1-p$ ；

瓶較準時水之體積 =  $\frac{W_1-p}{d}$ ；

試樣之體積 =  $\frac{W_1-p}{d} - \frac{W_2-W}{d}$ ；

$$Gt = \frac{\text{試樣之重量}}{\text{試樣之體積}}$$

$$Gt = \frac{W-p}{\left(\frac{W_1-p}{d}\right) - \left(\frac{W_2-W}{d}\right)}$$

【例】 從下列試驗結果，計算其真比重：

溫度	= 24.4°C
比重瓶與試樣之重量	= 31.5748 公分；
比重瓶之重量	= 25.7624 公分；
比重瓶與試樣與水之重量	= 79.3964 公分；
比重瓶與水之重量	= 75.8839 公分；

如按準比重瓶時之溫度，與試驗時同，而水之密度  $d$  在  $24.4^{\circ}\text{C} = 0.997229$ 。

$$\text{則 } Gt = \frac{W-p}{\left(\frac{W_1-p}{d}\right) - \left(\frac{W_2-W}{d}\right)},$$

$$Gt = \frac{31.5748 - 25.7624}{\left(\frac{75.8839 - 25.7624}{0.99723}\right) - \left(\frac{79.3964 - 31.5748}{0.99723}\right)}$$

$$Gt = \frac{5.8124}{\left(\frac{50.1215}{0.99723}\right) - \left(\frac{47.9545}{0.99723}\right)}$$

$$Gt = \frac{5.8124}{2.3179} = 2.5077 \text{ (答)}$$

開口與封入氣孔(Open and Closed Pores)，及真密度外觀密度與體積密度與容積之種種關係。多數人對於以上名詞與其精確意義，似極其混亂。在鑒業工作中，真密度，外觀密度，與體積密度，與比重，意義均相同。茲用公式法，將其解釋於下：

下列符號，乃用以代表不同之價值者：

體積容積	$= V_b$	體積密度	$= d_b$
外觀容積	$= V_c$	外觀密度	$= d_c$
真容積	$= V_t$	真密度	$= d_t$
開口氣孔之容積	$= V_o$	濕重量	$= W$
封入氣孔之容積	$= V_c$	乾重量	$= D$
總氣孔之容積	$= V_p$	懸掛重量	$= S$

定義：——

$$\text{體積容積：} \quad V_b = V_o + V_c + V_t = \frac{D}{d_b},$$

外觀容積:  $V_o = V_c + V_t = \frac{D}{d_a}$  ,

封入氣孔之容積:  $V_c = V_o - V_t$ ,

開口氣孔之容積:  $V_o = V_b - V_a$ ,

總氣孔之容積:  $V_p = V_c + V_o = V_b - V_t$ ,

體積密度:  $d_b = \frac{D}{V_b}$  ,

外觀密度:  $d_a = \frac{D}{D-S} = \frac{D}{V_t}$  ,

真密度:  $d_t = \frac{D}{V_t}$  ,

封入氣孔之容積:  $V_c = \frac{D}{d_a} - \frac{D}{d_t}$  ,

以外觀容積表示之,  $V_c = \frac{\frac{D}{d_a} - \frac{D}{d_t}}{\frac{D}{d_a}} = 1 - \frac{d_a}{d_t}$  ,

以外觀容積百分率表示之,  $V_c = \left(1 - \frac{d_a}{d_t}\right) \times 100$ 。

如  $V_c$  欲以體積容積或真容積表示之, 則此公式內之  $d_a$  可代以  $d_b$  或  $d_t$ 。

總氣孔 =  $V_b - V_t$ ,

以體積容積表示之:

$$V_p = \frac{V_b - V_t}{V_b} = 1 - \frac{V_t}{V_b} = 1 - \frac{\left(\frac{D}{d_t}\right)}{\left(\frac{D}{d_b}\right)} = 1 - \frac{d_b}{d_t} ,$$

總氣孔以體積容積百分率表示之:

$$V_p = \left(1 - \frac{d_b}{d_t}\right) \times 100 .$$

根據體積容積而得來之開口氣孔：

$$V_o = V_b - V_a;$$

$$V_o = \frac{V_b - V_a}{V_b} = 1 - \frac{V_a}{V_b} = 1 - \frac{\left(\frac{D}{d_a}\right)}{\left(\frac{D}{d_b}\right)} = 1 - \frac{d_b}{d_a},$$

以體積容積百分率表示之：

$$V_o = \left(1 - \frac{d_b}{d_a}\right) \times 100.$$

### 習 題

(1) 計算下列築業品之氣孔：

號數	乾重量	飽和後重量	懸掛時重量	號數	乾重量	飽和後重量	懸掛時重量
1.	54.19	58.29	31.77	11.	51.48	56.35	30.08
2.	54.75	58.30	26.53	12.	52.52	55.55	29.88
3.	55.37	59.00	32.10	13.	50.64	53.78	28.90
4.	53.64	54.08	16.60	14.	50.56	51.72	26.82
5.	53.64	54.12	26.88	15.	48.06	52.54	29.12
6.	56.00	57.15	30.20	16.	49.63	57.10	30.29
7.	54.28	55.02	29.15	17.	50.22	50.51	28.62
8.	54.04	54.12	29.08	18.	54.92	64.63	33.66
9.	50.40	54.55	29.35	19.	58.25	72.80	35.05
10.	51.13	51.23	26.47	20.	48.95	59.14	29.54

(2) 計算有下列試驗結果之黏土的真比重：

號數	比重瓶之重量	比重瓶與試樣之重量	比重瓶與試樣與水之重量	在試驗溫度時之比重瓶容積	試驗時溫度°C
1.	25.7624	31.5748	79.3964	50.2724	24.4
2.	23.9102	30.7953	78.1097	50.1880	24.5
3.	18.2142	25.3167	89.2261	66.8944	22.4
4.	20.3459	28.7864	87.3643	72.1048	22.5

5.	18.5137	26.2462	89.8626	66.7804	26.3
6.	18.2636	28.4543	87.6652	63.2751	27.2
7.	23.2113	28.7053	76.7960	50.2890	26.2
8.	14.6518	19.9460	66.7255	50.1510	25.7
9.	25.4425	30.9038	78.7438	50.0127	24.9
10.	14.6518	18.2778	66.8957	50.1535	27.5
11.	23.2125	30.5558	77.7435	50.2888	25.7
12.	18.2631	24.2970	85.1319	63.2741	26.6
13.	19.5405	24.9972	72.7622	49.9657	25.9
14.	25.7619	33.1464	80.2929	50.2760	26.5
15.	23.2122	26.4019	75.3179	50.2903	26.9
16.	18.5146	23.6672	88.3174	66.7804	26.6
17.	20.3491	25.0171	95.1590	72.1104	26.6
18.	18.2643	22.0988	83.7768	63.2708	24.6
19.	19.4106	25.0432	91.3173	68.5492	24.6
20.	27.0307	31.7832	80.2988	50.2989	24.6

(3)從下列試驗結果,計算(a)體積乾燥收縮(根據於可塑狀態)(b)可塑水量,(c)體積密度(乾),(d)體積密度(可塑)(e)體積燒成收縮,(f)線燒成收縮,與(g)三角錐 14 與 10 溫度時之氣孔百分率。火油之比重為 0.812。

試樣	1.	2.	3.	4.	5.	6.
可塑時重量.....						87.85
乾重量.....	62.15	62.16	63.36	61.91	61.64	63.43
懸掛時可塑重量.....						47.81
飽和時乾重量(火油).....						72.55
懸掛時乾重量(火油).....						42.52
燒成乾重量.....	53.62	53.56	54.50	53.32	52.94	54.28
燒成飽和重量(水).....	53.84	53.60	54.60	56.47	56.04	57.48
燒火懸掛重量(水).....	29.53	29.31	29.70	31.71	31.43	32.20
三角錐溫度.....	14	14	14	01	01	01

(4)從下列試驗結果,計算(a)體積乾燥收縮(根據於可塑狀態)(b)可塑水量,(c)體積密度(乾),(d)體積密度(可塑),(e)體積燒成收縮,(f)線燒成



取縮，與 (g) 三角錐 3 與 6 溫度時之氣孔百分率。火油之比重為 0.816。

試樣	1.	2.	3.	4.	5.	6.
可塑時重量			81.20		81.99	
乾重量	53.30	54.10	54.19	54.54	54.83	54.80
懸掛時可塑重量						40.83
飽和乾重量(火油)						65.00
懸掛乾重量(火油)						35.97
燒成乾重量	43.79	44.27	44.32	44.35	44.60	44.72
燒成飽和重量(水)	49.26	49.98	49.98	48.22	48.66	48.72
燒成懸掛重量(水)	26.35	26.61	26.63	26.12	26.26	26.40
三角錐溫度	3	3	3	6	6	6

體積可從密度計算而得。

(5) 有一土坯，乾燥時收縮 7%，燒成後收縮 5%，(皆根據於可塑狀態)。今欲製一圓筒狀之壺，足裝 1 加倫 (231 立方吋) 者。內部高度擬令三倍於內部直徑；開成坯時，壺之內部大小，應如何？

(6) 如有一可塑粘土之 10 厘米立方體 (10cm. cube)，其乾燥與燒成收縮為 10% (根據於可塑狀態)；開燒成後該立方體之體積為何？體積收縮百分率 (根據於可塑狀態) 為何？

(7) 一玻璃立方體，重 100 公分，比重為 2.6，但懸於火油中，則重 68 公分；開火油之比重為何？

(8) 如燒成品為四面體每邊長 20 吋，而坯之乾燥收縮為 10%，燒成收縮為 6%，試計算其素坯之大小。

(9) 從下列記載，盡量求出所能求得者：

燒成後壺之乾重量	= 6.2 磅
飽和重量(水)	= 6.9 磅
懸掛重量	= 3.1 磅
真比重	= 2.5 磅

(10) 礫石於煨燒時膨脹。如其比重於入窯時為 2.65，出窯時為 2.27，則其體積增加若干？

(11) 今有人製製一壺，其容量適為一加倫。形為圓筒，內部直徑為 7 吋。外部直徑為 9 吋。如土坯之乾燥線收縮 (根據於可塑狀態) 為 12%，而總燒成收縮為

4%；於可塑狀態時，其大小應為何？

(12)一土坯乾燥時收縮(根據於可塑狀態) 8.3%，燒成時收縮(線) 5.4%。今欲製一 6 瓜瓠 (6 qt.) 圓筒甕，內部之高為  $1\frac{1}{2}$  倍於內部之直徑。開成形時甕之內部大小應如何？

(3)上圖如乾燒收縮為 7.2%，燒成收縮為 5.1%，問 5 瓜瓠甕之大小，成形時，應如何？

(14)二試驗磚，乾燥時各重 170 公分，水飽和時 212 公分。但其一為  $2 \times 2 \times 1$  吋，而其他則為  $2\frac{1}{2} \times 2\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{4}$  吋。試比較二者之氣孔。

(15)一砂酸磚之氣孔百分率為 26.9，其乾試樣之重量為 50 公分，水飽和時則為 58.8 公分。問題該試樣於水中時，其重量為若干？

(16)計算下列試樣之線乾燥收縮與燒成收縮(根據於可塑狀態)：

	(a)	(b)	(c)
可塑時長度	12 吋	5 吋	將 D 變為十進
乾長度	11.3 吋	$4\frac{7}{32}$ 吋	劃面再計算之
燒成長度	11.0 吋	$4\frac{1}{32}$ 吋	

(17)從下列某燒成試樣之報告；盡量計算所能計算者：

燒成重量	88 公分
水飽和重量	96 公分
懸掛重量	55 公分

(18)從下列盡量計算，所能計算者：

燒成重量	28.21 公分
水飽和重量	32.38 公分
懸掛重量	11.15 公分

(19)計算體積密度 外觀密度，吸收百分率，體積容積，與外觀氣孔：

燒成重量	210 公分
飽和重量(火油)	220 公分
懸掛重量	120 公分
160cc. 火油之重	81.0 公分

(20)計算下列之吸收百分率，體積密度，體積容積，與外觀氣孔：

燒成後重量.....210公分  
 水飽和重量.....220公分  
 懸掛重量.....120公分

(21)計算下列之吸收百分率:

號數	乾重量	濕重量	號數	乾重量	濕重量
1.	28.40	28.75	11.	25.20	28.70
2.	29.15	29.30	12.	25.10	26.10
3.	29.20	29.25	13.	25.40	26.45
4.	29.10	29.50	14.	27.60	27.94
5.	35.80	36.20	15.	16.40	16.55
6.	30.65	30.25	16.	27.58	30.40
7.	21.85	22.05	17.	24.20	26.40
8.	33.95	34.70	18.	23.90	25.65
9.	14.05	15.95	19.	26.90	29.48
10.	19.90	21.55	20.	26.25	28.72

## 第五章

### 機械強度

在乾燥與燒成狀態中，黏土或黏土坯之機械強度，乃一極重要之性質；因其不惟影響成品之用途，抑且影響於製造之便利與否。柔弱物品，極難處理與燒成，常須極度當心。機械強度，可以抗壓(crushing)抗張(tensile)橫切(transverse)各試驗測定之。安置成品之方法，成品之將來用途，與夫試驗時之便利程度，皆為決定採用何種試驗法諸要素中之數種而已。美國窯業協會(<sup>1</sup>)指定下述試驗法，以定乾橫切強度。

(1) 黏土之預備 黏土應在 64°C，或較高之溫度下（但在 76°C 下）完全乾燥，粉碎並篩別，使通過 20 號篩。然後將其與同重量之標準砂，在乾燥時完全混合。所用之砂，應通過 30 號篩，而留於 30 號篩者。此混合物應即和以水，使成柔軟可塑之稠度，並以手均勻捏練之。

(2) 試樣之形狀 試樣應在一適當之金屬或木製模型中製成之，於可塑狀態時，應長 17.5 吋（7 吋），斷面 2.5 平方吋（1 平方吋）。

(3) 形成 模型應均勻薄敷以火油，並置於堅固平坦之表面上。一塊黏土混合物，較用於裝滿模型所需略大者，應用力投入模型中，使完全充滿四角。過剩者，用鏟刀切去，使其表

---

(註 1) 標準規格委員會報告，美國窯業協會 伊經 1021—22。

面光滑，並適當標記之。標記應近於末端，則棒之中央，不至變形。

(4) 乾燥 試樣應令其於室溫下，用布遮蓋而乾燥之，約二日；然後於室溫下曝露，使在空氣中乾燥。在此時期，每十二小時應將其轉動，使乾燥更能均勻。嗣將其置於乾燥器內，於 64°C 至 76°C 間最少 5 小時，再從之移至一乾燥箱中，其溫度為 110°C，待至重量幾不變為止。

(5) 折斷 試樣應置於防潮器中冷卻之，然後在一適當機械中折斷之。此機械有刀口，半徑為 6 吋 ( $\frac{1}{2}$  吋)，相隔 12.5 吋 (5 吋)。此機應有一射擊自動關閉機關，且荷重速度應為每分鐘約 45 呎 (100 磅)。至棒之寬度與深度，應於折斷時測定之；每次結果，應為三次測定，至最近 0.25 吋 (0.01 吋) 之平均值。

(6) 破壞係數 破壞係數，應用下列公式計算之：

$$M = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

其中  $M$  = 破壞係數，以 呎 吋<sup>2</sup> 表示之；

$P$  = 折斷荷重，以 呎 (讀至最近 0.1 呎) 表示之；

$l$  = 刀口間相隔，以 吋 表示之；

$b$  = 棒寬，以 吋 表示之；

$d$  = 棒深，以 吋 表示之；

或用英國制時，單位將為磅與吋，而破壞係數，用同樣公式，將為磅 / 吋<sup>2</sup>。應取 10 棒折斷之，報告其平均破壞係數。試驗可許有兩個錯誤，如是則報告 8 個或 9 個之平均值。

(7) 差異 與平均破壞係數相差在 ±15% 之間者，可以

容許之。其有更大之差異者，應認為錯誤而棄之。但如前第(6)項所示，果有二個以上如是被棄，則應重行試驗矣。

【例】一黏土試樣，寬 0.81 吋，深 0.88 吋，在 5 時間隔中，其折斷強度為 45 磅。問其破壞係數為何？

代入公式：

$$M = \frac{3Pl}{2bd^2} = \frac{3 \times 45 \times 5}{2 \times 0.81 \times 0.88^2};$$

簡單之：

$$M = \frac{675}{1.254} = 538 \quad (\text{答})$$

【有效係數】在破壞係數報告中，吾人可知多數個別試驗之平均值，但對於此個別結果，相符至若何精度，則未能知之。有效係數，乃表示此狀態之數值，與平均破壞係數之可靠程度，有直接之關係。如差異甚微，則此數值亦小；如大，則此數值亦大。

有效係數，可如下計算之：

有效破壞係數，係自多數試樣得之；每個較此平均數為小之數值，可自此平均係數內減去，而將其差平方之。如個別數值較平均數為大，則可自個別數值中減去此平均數，而將其差平方之。各平方數之和，以試樣減 1 除之，而取得其平方根。其公式如下：

$$\text{有效係數} = \sqrt{\frac{(\text{差數})^2 \text{之和}}{\text{試樣數} - 1}}$$

【平均數，中央數，與常見數】平均數，較中央數與常見數，用之更為普遍。其計算法，係將一組數值相加，而以數值之個數除之，即得。故下列 4 數值之平均數，即為其和之  $\frac{1}{4}$ 。3, 5,

2, 7 之和為 17, 以 4 除之得 4.2, 即為平均數。

中央數者, 係於一組數值中, 其半數較之為大, 而其他半數則較之為小。取得之法, 係將一組數值按數之次序排列, 先將最大數刪去, 再將最小數刪去, 待至同數目之大數與小數, 皆被刪去, 而所餘者或為一數, 或無餘。如原來數值個數為奇數, 則所餘一數, 即為中央數。如為偶數, 則最小刪去二數之中面數, 即為中央數。下列一組數值之中央數, 為 7.6:—

3.4 4.4 6.7 6.8 7.6 8.2 8.9 9.9 10.7

常見數者, 為最常見之數。在下列一組數值中, 2, 3, 4, 4, 5, 7, 8, 9, 數值 4 為常見數。因其於此組數值中, 發見之次數最多也。

【抗壓與抗張強度】抗壓與抗張強度之測定, 常以磅/吋或斤/吋計算之。在美國, 則以前者為較普通。對於抗壓強度, 應測定斷面面積, 而對於抗張強度, 則應測定其折斷處之斷面面積。

【例】依美國鑛業協會之規定, 從下列之試驗結果, 計算破壞係數之平均數, 中央數, 常見數與有效係數。棒於 5 時間隔時折斷, 其斷面面積為 1 平方吋。

號數	磅	計算之破壞係數	與平均數之差	差數平方
1.	26.1	196	1	1
2.	26.3	197	0	0
3.	25.9	194	3	9
4.	28.2	212	15	225
5.	24.1	181	16	256

6.	26.1	196	1	1
7.	16.8	(122)	...	...
8.	27.0	202	5	25
9.	26.2	196	1	1
		和 1574		和 518

平均數 =  $1574 \div 8 = 197$  (答)

$$\text{第 1 號破壞係數} = \frac{3 \times 26.1 \times 5}{2 \times 1 \times 1} = \frac{392}{2} = 196.$$

第 7 號不用，因其與平均數較，相差大於 15% 也。

$$\text{有效係數} = \sqrt{\frac{(\text{差數})^2 \text{之和}}{\text{試樣數} - 1}}$$

$$= \frac{518}{8-1} = 74 \quad (\text{答})$$

將破壞係數排成連續之次序，則得其中中央數如次：

122—181—194—196—196—196—197—202—212

× × × × 中央數 × × × ×

故中央數為 196 (答)

因只 196 一數值，發見二次，故為常見數 (答)

故本問題之答案如下：

$$\text{平均破壞係數} = 197;$$

$$\text{中央數} = 196;$$

$$\text{常見數} = 196;$$

$$\text{有效係數} = 74;$$

平均數，中央數，與常見數須相近似。然即良好之測定，亦未必如是。應着重何特別數值，則視情形而定矣。

### 習 題



(1) (a) 依美國管業協會之規格，計算下列破壞係數之磅 / 吋<sup>2</sup>。各個長度，皆為 6 吋。

1			2			3		
荷重 磅	寬度 吋	深度 吋	荷重 磅	寬度 吋	深度 吋	荷重 磅	寬度 吋	深度 吋
66.0	2.48	2.44	68.8	2.50	2.45	60.2	2.49	2.46
70.6	2.49	2.45	65.5	2.49	2.46	57.0	2.51	2.48
78.0	2.48	2.42	59.9	2.53	2.42	64.0	2.53	2.46
79.6	2.47	2.47	66.6	2.53	2.43	67.5	2.48	2.45
69.5	2.50	2.42	82.8	2.52	2.49	48.7	2.53	2.44
79.6	2.47	2.44	79.4	2.50	2.48	56.7	2.49	2.44
75.0	2.46	2.43	58.8	2.50	2.48	60.4	2.51	2.49
69.8	2.47	2.44	73.2	2.51	2.47	58.3	2.49	2.50
84.2	2.48	2.43	69.7	2.55	2.45	62.0	2.48	2.48
77.0	2.48	2.41	70.6	2.50	2.47	62.5	2.49	2.45
72.8	2.48	2.43	52.2	2.50	2.46	62.8	2.50	2.46
82.4	2.48	2.42	66.4	2.52	2.44	60.2	2.47	2.46
65.0	2.48	2.45	72.0	2.51	2.45	64.2	2.49	2.46
76.7	2.50	2.43	70.6	2.49	2.49	63.2	2.48	2.46
						55.8	2.50	2.51
4			5			6		
荷重 磅	寬度 吋	深度 吋	荷重 磅	寬度 吋	深度 吋	荷重 磅	寬度 吋	深度 吋
57.2	2.48	2.43	23.4	2.51	2.48	88.0	2.52	2.51
56.0	2.49	2.47	31.6	2.54	2.50	86.5	2.49	2.47
53.5	2.46	2.45	28.0	2.51	2.50	82.0	2.53	2.48
39.0	2.47	2.47	29.4	2.52	2.53	97.6	2.49	2.52
58.4	2.48	2.48	32.5	2.51	2.48	93.1	2.49	2.48
53.5	2.47	2.49	32.0	2.50	2.53	86.8	2.51	2.49
51.7	2.54	2.41	33.4	2.57	2.46	89.0	2.50	2.48
66.8	2.47	2.46				88.9	2.50	2.47
54.5	2.46	2.44				77.0	2.52	2.47
69.4	2.50	2.44	27.8	2.50	2.51	83.5	2.50	2.49
61.2	2.44	2.45	28.0	2.57	2.42	80.0	2.48	2.48
63.2	2.46	2.44	32.2	2.54	2.48	47.5	2.53	2.50
50.5	2.46	2.43	23.2	2.53	2.48	77.2	2.50	2.49
60.5	2.49	2.45	33.0	2.53	2.49			
65.4	2.47	2.43						

7			8			9		
荷重	寬度	深度	荷重	寬度	深度	荷重	寬度	深度
磅	吋	吋	磅	吋	吋	磅	吋	吋
46.4	2.47	2.43	50.3	2.48	2.37	47.2	2.56	2.48
42.5	2.53	2.37	52.7	2.51	2.37	60.2	2.52	2.46
48.2	2.46	2.42	48.0	2.52	2.35	42.7	2.56	2.51
52.0	2.47	2.41	58.8	2.45	2.40	50.3	2.52	2.49
50.0	2.42	2.43	54.6	2.47	2.42	50.5	2.56	2.29
46.5	2.43	2.43	50.0	2.48	2.41	38.5	2.54	2.49
50.2	2.52	2.38	43.7	2.7	2.40	56.5	2.51	2.56
53.0	2.46	2.43	45.2	2.45	2.41	59.3	2.53	2.52
48.8	2.47	2.38	41.7	2.48	2.38	49.7	2.52	2.52
39.0	2.46	2.40	55.0	2.46	2.38	52.3	2.54	2.50
51.6	2.45	2.43	40.5	2.47	2.41	43.6	2.53	2.49
51.5	2.50	2.39	38.0	2.49	2.41	53.0	2.55	2.51
50.5	2.47	2.41	38.0	2.50	2.38	50.5	2.51	2.52
46.8	2.50	2.39						
42.8	2.44	2.45						

(b) 計算以上每個之有效係數，凡於計算破壞係數時除外之數值，皆除去之。

(c) 計算中央數及常見數。

## 第六章

### 釉, 坯 與 琺 瑯

配合窯業用之釉, 坯與琺瑯時, 有多種原料, 可以應用。此類原料, 殆常為氧化物 (oxidos), 或為化合物而能以氧化物之組合表示者。同時窯業成品, 亦可以氧化物之組合表示之。此事實, 導引一極便利之方法, 以表示一般窯業原料與成品之組成。換言之, 氧化物, 可視為窯業品組成中之單位, 非如在化學上之普通習慣, 必須論及個別元素也。矽酸化三鈣之化學式為  $\text{Ca}_3\text{SiO}_5$ ; 但在窯業上, 為明顯與便利起見, 多用氧化物式如  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  表示之。如將  $\text{Na}_2\text{O}$  與  $\text{SiO}_2$  熔融, 則其生成物, 可用此式  $X\text{Na}_2\text{O} \cdot Y\text{SiO}_2$  表示之。其中  $X$  與  $Y$  之數值, 則依熔融物中  $\text{Na}_2\text{O}$  與  $\text{SiO}_2$  含量之比例而定。在此熔融物中, 或將成化合物, 如偏矽酸 ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 者, 然即如是, 亦不與吾等表示熔融物或固體玻璃之式如上所示者 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ), 相抵觸。

在窯業上, 既用此法以表示原料, 則窯業家應熟知氧化物之化學, 實為至要。就化學上言之, 氧化物依其性質, 可分為三類: 金屬元素氧化物; 非金屬元素氧化物與具金屬或非金屬作用 (兩性元素) 之兩性氧化物。金屬氧化物, 謂之鹼性氧化物, 或鹽基; 而非金屬氧化物, 則謂之酸性氧化物或曰酸。至兩性元素氧化物, 則謂之中性氧化物, 因其與酸性氧化物及鹼性氧化物共存在時, 皆起中性反應也。下表之例, 可說明較普通之鹼性, 中性與酸性氧化物之一部。

鹽基	中性物	酸
氧化鈉(Na <sub>2</sub> O)	氧化鋁(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	二氧化矽(SiO <sub>2</sub> )
氧化鉀(K <sub>2</sub> O)	氧化硼(B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	二氧化鈦(TiO <sub>2</sub> )
氧化鈣(CaO)	氧化鐵(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	二氧化鋅(ZnO <sub>2</sub> )
氧化鎂(MgO)	氧化錫(Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
氧化鋇(BaO)	氧化鉻(Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
氧化鋅(ZnO)		
氧化亞鐵(FeO)		
氧化錳(MnO)		
氧化鉛(PbO)		
氧化鎘(CdO)		

由上觀察之, 將見每類中不同氧化物之氧原子, 與其他原子之比例, 似均相似。如於上列氧化物中, 以字母 R 代替氧以外之元素, 則可有 RO 或 R<sub>2</sub>O 以代鹽基; R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 以代中性物; RO<sub>2</sub> 以代酸。鑒業上於一公式中, 慣例名鹼性氧化物為 RO 族, 中性氧化物為 R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 族, 而酸性氧化物為 RO<sub>2</sub> 族。

對於礦物, 鑒業原料與成品之化學分析, 吾人常測定所有元素之含量, 惟氧則除外, 而其量則以差數法求得之。報告結果時, 元素應以其氧化物報告之。此等氧化物之選擇, 應使其總數約為 100%; 每個元素, 均按其最近似之氧化物選代之。關於長石, 化學家之報告, 有如下列:

組成	重量百分率
二氧化矽 Silica, SiO <sub>2</sub> .....	65.58
氧化鋁 Alumina, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	19.54
氧化鈣 Lime, CaO .....	0.16
氧化鎂 Magnesia, MgO .....	0.20

氧化鉀 Potash, $K_2O$ .....	12.44
氧化鈉 Soda, $Na_2O$ .....	2.56
灼熱減量 Loss on Ignition.....	0.32
	100.80

相加後之總量，約為 100%，此因分析方法非充分精確，不能使整數恰為 100.00% 也。灼熱減量，乃代表水分，有機物或其他揮發成分。

【實驗公式與其從化學分析計算之方法】 鑒業上，吾人常將組成百分率，變為所謂之實驗公式。實驗公式與分子式相同，惟前者不表示一個分子，此僅係一種便利之方法，用以圖解表示此複雜之化學組成耳。

從化學組成，以計算實驗公式之方法，於下例中表明之。試計算上述化學分析所代表長石之“實驗公式”。

每氧化物之組成百分率，先以其分子量除之。此為每氧化物之當量，實即每個存在氧化物之比例份數，或分子之個數。

氧化物	組成百分率	分子量	當量
$SiO_2$ .....	56.58 ÷	60.1 =	1.090
$CaO$ .....	0.16 ÷	56.1 =	0.003
$Al_2O_3$ .....	19.54 ÷	101.9 =	0.192
$MgO$ .....	0.20 ÷	40.3 =	0.005
$K_2O$ .....	12.44 ÷	94.2 =	0.132
$Na_2O$ .....	2.56 ÷	62.0 =	0.041

注意：用分子量時，參照第 頁。

氧化物之當量比較值既得，第二步即須將其變為標準數，以資比較。對於釉玻璃與琺瑯，乃使 RO 族之和為 1，而對於坯與黏土，則使  $Al_2O_3$  為 1，即 1 當量。在長石中，RO 乃使為

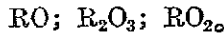
1; 故吾人須將 RO 族中所有成分之當量相加，而以其和除每氧化物之當量。RO 族包括下列者：

	當量
K <sub>2</sub> O	0.132
Na <sub>2</sub> O	0.041
CaO	0.003
MgO	0.005
和	0.181

各當量皆以此總數除之，則：

當量		當量
$K_2O = \frac{0.132}{0.181} = 0.729$		$MgO = \frac{0.005}{0.181} = 0.028$
$Na_2O = \frac{0.041}{0.181} = 0.226$		$Al_2O_3 = \frac{0.190}{0.181} = 1.060$
$CaO = \frac{0.003}{0.181} = 0.017$		$SiO_2 = \frac{1.09}{0.181} = 6.023$

然後將長石之公式列之如次：

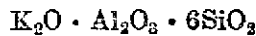


或	0.729	K <sub>2</sub> O	}	1.05	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.023	SiO <sub>2</sub>
	0.226	Na <sub>2</sub> O					
	0.017	CaO					
	0.028	MgO					

是理論之鉀長石，須具下式：



或更普通書為



【從化學分析計算油之實驗公式】 上述方法，亦可應用於油、玻璃、珊瑚或坯實驗公式之計算。下例說明關於油之程序。

某種油，有下列之化學分析，試計算其實驗公式：

組成	化學式	百分率
氧化鉀	$K_2O$	9.10
氧化鈣	$CaO$	5.40
氧化鋇	$BaO$	9.80
氧化鎂	$MgO$	2.60
氧化鋁	$Al_2O_3$	11.50
二氧化矽	$SiO_2$	61.70

將每氧化物之百分率(或重量比較值)，改變為其當量時，百分率(或重量比較值)應以每氧化物之分子量除之。

組成	化學式	百分率	分子量	當量
氧化鉀	$K_2O$	9.10	94.2	$9.10 \div 94.2 = 0.097$
氧化鈣	$CaO$	5.40	56.1	$5.40 \div 56.1 = 0.096$
氧化鋇	$BaO$	9.80	153.4	$9.80 \div 153.4 = 0.064$
氧化鎂	$MgO$	2.60	40.3	$2.60 \div 40.3 = 0.065$
氧化鋁	$Al_2O_3$	11.50	101.9	$11.50 \div 101.9 = 0.113$
二氧化矽	$SiO_2$	61.70	60.1	$61.70 \div 60.1 = 1.026$

將 RO 之各當量相加，並以其和除油中每氧化物之當量。

注意：如上述為坯時，則每當量應以氧化鋁當量數(10.113)除之，以代 RO 之當量數；因吾人此時應化氧化鋁為 1，而非 RO 為 1 也。雖然，於前例中，吾人所討論者為油耳。

油之 RO 氧化物列後：

RO 氧化物	當量
K <sub>2</sub> O	= 0.097
CaO	= 0.096
BaO	= 0.064
MgO	= 0.065
和	<u>0.322</u>

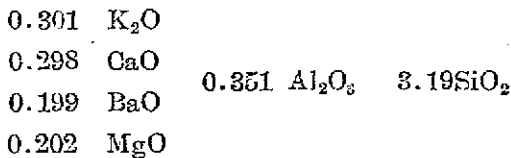
以和除之，

$$K_2O = \frac{0.097}{0.322} = 0.301; \quad MgO = \frac{0.065}{0.322} = 0.202$$

$$CaO = \frac{0.096}{0.322} = 0.298 \quad Al_2O_3 = \frac{0.113}{0.322} = 0.351$$

$$BaO = \frac{0.064}{0.322} = 0.199 \quad SiO_2 = \frac{1.026}{0.322} = 3.19$$

故此釉之公式為：



此類釉之實驗公式，為一極有價值之圖解表示法，以之可判斷釉之性質，並比較各種不同之種。

【從“實驗公式”計算組成百分率之方法】從長石，釉，玻璃等之實驗公式，計算組成百分率，係與上述從百分率計算實驗公式之方法相反。

故計算之第一步，為改變當量為重量關係。此可以每氧化物之當量，乘其分子量即得。然後將此重量改變為重量百分率；法將各重量相加，以其和除各數後，再乘 100。



此程序，可以下列說明之計算下列油之組成百分率：

0.301	K <sub>2</sub> O		
0.298	CaO	0.351	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3.19 SiO <sub>2</sub>
0.199	BaO		
0.202	MgO		

將各氧化物之當量，以其分子量乘之：

氧化物	當量	分子量	重量比例
K <sub>2</sub> O	0.301 ×	94.2 =	28.3
CaO	0.298 ×	56.1 =	16.7
BaO	0.199 ×	153.0 =	30.4
MgO	0.202 ×	40.3 =	8.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.351 ×	101.9 =	35.8
SiO <sub>2</sub>	3.190 ×	60.1 =	191.7
		公式重量 =	311.0

除後，再以 100 乘之，即得組成百分率：

百分率

$$\text{K}_2\text{O} = \frac{28.3}{311.0} \times 100 = 9.1$$

$$\text{CaO} = \frac{16.7}{311.0} \times 100 = 5.4$$

$$\text{BaO} = \frac{30.4}{311.0} \times 100 = 9.8$$

$$\text{MgO} = \frac{8.1}{311.0} \times 100 = 2.6$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = \frac{35.8}{311.0} \times 100 = 11.5$$

$$\text{SiO}_2 = \frac{191.7}{311.0} \times 100 = \frac{61.7}{100.1}$$

習 題

(1) 計算下列之化學組成:

- (a)  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (高嶺土岩)
- (b)  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$  (正長石)
- (c)  $\text{CaCO}_3$  (白 堊)
- (d)  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  (硼 砂)
- (e)  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  (談來石)

(2) 計算下列之實驗公式:

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
$\text{SiO}_2$ .....	77.83	48.00	70.36	50.63	67.82
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	7.16	16.61	2.08	10.71	3.80
$\text{K}_2\text{O}$ .....		3.38	.....	7.10	1.77
$\text{Na}_2\text{O}$ .....	4.23	7.42	4.575	4.36	6.66
$\text{B}_2\text{O}_3$ .....	6.77	14.27	8.26	6.95	12.13
$\text{PbO}$ .....	4.00	9.80	16.66	20.33	7.50
$\text{MgO}$ .....		0.48	.....	.....	0.14
$\text{CaO}$ .....		0.10	0.085	.....	0.18

(3) 計算下列之化學(百分率)組成:

0.63 $\text{K}_2\text{O}$	1.35 $\text{Al}_2\text{O}_3$		
0.32 $\text{Na}_2\text{O}$	0.02 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	10.15	$\text{SiO}_2$
0.05 $\text{CaO}$			

(4) 計算下列軟質瓷坯之公式:

$\text{SiO}_2$ .....	63.34	$\text{B}_2\text{O}_3$ .....	0.30
$\text{Al}_2\text{O}_3$ .....	11.41	$\text{CaO}$ .....	2.41
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	0.23	$\text{Na}_2\text{O}$ .....	1.74
$\text{TiO}_2$ .....	0.17	$\text{K}_2\text{O}$ .....	11.82

## (5) 計算下列鈉長石之公式:

Na <sub>2</sub> O.....	1.24	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.27
K <sub>2</sub> O ... ..	0.62	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	18.71
CaO .....	0.50	SiO <sub>2</sub> .....	68.45
MgO .....	0.18		

## (6) 計算下列黏土之化學組成百分率:

(a) 0.25	K <sub>2</sub> O			
0.05	Na <sub>2</sub> O			
0.50	CaO	0.35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.1
0.10	BaO	0.35	B <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	
0.05	MgO			
0.05	SrO			
(b) 0.40	K <sub>2</sub> O			
0.40	CaO			
0.10	BaO	0.50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.05	MgO	1.25	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.5
0.05	SrO			
(c) 0.20	K <sub>2</sub> O	0.55	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.60	CaO	1.0	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.30
0.20	ZnO			
(d) 0.20	K <sub>2</sub> O			
0.20	CaO	0.50	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.00
0.50	ZnO			

## (7) 從其化學分析, 計算下列黏土與長石之公式:

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1.0.0):

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
	%	%	%	%	%
SiO <sub>2</sub> .....	48.54	70.03	47.06	45.74	46.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	38.25	17.80	38.70	40.18	38.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0.67	0.21	0.40	0.57	0.57
CaO .....	0.32	0.98	0.58	0.30	0.55

---

MgO.....	0.32	0.13	0.49	0.34	0.25
K <sub>2</sub> O.....	0.70	8.71	1.05	1.19	0.27
Na <sub>2</sub> O.....	0.28	1.61	0.23	0.55	0.49
H <sub>2</sub> O.....	12.13	0.35	12.22	14.30	13.27

## 第七章

### 公式量(分子量), 當量與 公式原料調合量之計算

實驗公式, 公式量(分子量), 當量與公式原料調合量之應用, 於鑛業家為極重要之工具。在討論與其他類似原料之非化學化合物時, 用分子量之名詞實係誤名; 公式量之名詞, 較優殊多也。公式量之數值, 如原料之“實驗公式”為真實之分子式時, 則與分子量相等。故公式量之計算, 恰與計算分子量相同。分子量者, 乃化合物一分子中各原子重量之總和也。在化合物  $K_2O$  內, 有元素  $K$  與  $O$ 。 $K$  之原子量為 39, 而  $O$  為 16。因公式中有  $K$  二原子, 其原子量, 39, 因以 2 乘之; 積數, 78, 加氧之 16, 共為 94, 即  $K_2O$  之分子量, 亦即其公式量也。

當量者, 為某物質之重量, 必需以供給一分子量或一公式量者。重量之單位, 可為公分或磅, 或其他便利之單位, 惟全部計算中, 應用同樣之單位耳。

原料之當量, 以其中最重要之一部分為根據。例如普通硼砂, 純粹者之化學式為  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ 。如吾人意在加一當量之  $B_2O_3$  於原料調合量中, 則因一分子量有  $2B_2O_3$  單位, 故其當量為 191; 即其分子量 (382) 之半。此可將硼砂之公式, 寫為氧化物公式  $Na_2O \cdot 2B_2O_3 \cdot 10H_2O$  以闡明之。設今欲加一當量之  $Na_2O$ , 則硼砂之當量為 382, 因必須用一整個硼砂分子, 方足以供給一分子之  $Na_2O$  也。故當量之名稱, 如上所用

者,係指該物質中含有所討論原料分子之個數。如硼砂  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 。有  $\text{Na}_2\text{O}$  1 當量,  $\text{B}_2\text{O}_3$  2 當量,  $\text{H}_2\text{O}$  10 當量,是也。

今再舉一完全不同之例,以說明當量;如用  $\text{NaNO}_3$  或  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  以加入  $\text{Na}_2\text{O}$  者。 $\text{NaNO}_3$  之分子量,為  $23+14+48=85$ ;然  $\text{NaNO}_3$  之一分子,因其只有一當量  $\text{Na}_2\text{O}$  之半,故不能供給 1 當量之  $\text{Na}_2\text{O}$ , 必須用 2 分子之  $\text{NaNO}_3$ 。意即  $\text{NaNO}_3$  之當量,就  $\text{Na}_2\text{O}$  言之,須兩倍於其分子量,或  $2 \times 85=170$ , 方可。又如用  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  時,則 1 分子將含 1 分子之  $\text{Na}_2\text{O}$ 。故  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  之當量,根據於  $\text{Na}_2\text{O}$  時,即等於其分子量,或  $2(23)+12+3(16)=106$ , 是也。

以上所述,可結論如下:當量較之分子量或公式量可更大,可相等,或更小,但無論如何,皆與原料中之重要部份有關係也。

在前面討論中,曾解釋一切鑛業工作上之單位,皆為氧化物;此事實於此尤然。當量如上例所示者,一般以氧化物為根據而討論之。雖然,此例乃為其簡單者,因鈉與硼,不能有上述以外之氧化物存在也。有時元素有數種氧化物,則問題隨即發生,即當量應根據於何種氧化物也。在鑛業混合物中,大多數元素,易成氧原子最多之氧化物,該氧化物,即為當量所應根據者。例如,氧化鐵,可以氧化亞鐵 ( $\text{FeO}$ ), 三氧化二鐵 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 或四氧化三鐵 ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) 而存在。三氧化二鐵為最普通,其中氧原子亦有最高之數值。故得選之以為當量之根據。而三氧化二鐵之分子量(160),與其當量亦相等。氧化亞鐵 ( $\text{FeO}$ ) 分子量為 72, 然其當量,就  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  言之,則為 72 之兩倍或 144。因其須 2 $\text{FeO}$  分子之鐵,方足以供 1 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  之用也。故氧

化亞鐵之當量為 144，因所有氧化鐵，多根據於  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  也。同樣 碳酸鐵 ( $\text{FeCO}_3$ ) 之當量，等於其分子量之 2 倍，即  $(116) \times 2 = 232$ 。在硫酸鐵時 ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )，其分子量為 278，但其當量為 556。

與以上略相似者，為氧化硼 ( $\text{B}_2\text{O}_3$ )；可以硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 或硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 代為加入。於硼酸，其當量須兩倍於以公式計算之硼酸或 124；因須 2 公式量或分子量，方有足量之硼以代  $\text{B}_2\text{O}_3$  也。於硼砂中，如已解釋者，則  $2\text{B}_2\text{O}_3$  分子，可以 1 分子硼砂 ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) 供給之。故硼砂之當量，為其分子量之半。比較常用之鑒業原料，與其分子量及當量表，見後。

以上討論，僅限於純粹化合物；但其原則，實可應用於鑒業用之各種複雜組成。例如：所加入玻璃屑之組成為  $\text{Na}_2\text{O} \cdot 1 \cdot 23\text{CaO} \cdot 5 \cdot 41\text{SiO}_2$  其當量則為：就  $\text{Na}_2\text{O}$  言之：

$$\begin{aligned} 1.00 \text{ Na}_2\text{O} &\times 62.0 = 62.0 \\ 1.23 \text{ CaO} &\times 56.1 = 69.0 \\ 5.41 \text{ SiO}_2 &\times 60.1 = \underline{325.0} \\ &456.0 \quad \text{當量} \end{aligned}$$

就  $\text{SiO}_2$  言之：每個氧化物之當量，以 5.41 除之，使二氧化矽變為 1。則

$$\begin{aligned} 0.185 \text{ Na}_2\text{O} &\times 62.0 = 11.5 \\ 0.227 \text{ CaO} &\times 56.1 = 12.7 \\ 1.000 \text{ SiO}_2 &\times 60.1 = \underline{60.1} \\ &84.3 \quad \text{當量} \end{aligned}$$

就  $\text{CaO}$  言之：以 1.23 除之，使  $\text{CaO}$  化為 1。則

$$\begin{aligned}
 0.812 \text{ Na}_2\text{O} \times 62.0 &= 50.3 \\
 1.000 \text{ CaO} \times 56.1 &= 56.1 \\
 4.40 \text{ SiO}_2 \times 60.1 &= \underline{264.4} \\
 &370.0 \text{ 當量}
 \end{aligned}$$

於此情形下, RO 可使其等於 1, 如鑄業上所常用者; 尤以討論玻璃, 釉與相似原料為然。此可將一切之 RO 氧化物相加, 並以其和除原料中每個氧化物之當量。

例:

$$\begin{aligned}
 1.00 \text{ Na}_2\text{O} \\
 1.23 \text{ CaO} \\
 \hline
 2.23 \quad \text{RO 各氧化物之和}
 \end{aligned}$$

除之:

$$\begin{aligned}
 \text{Na}_2\text{O} &= \frac{1.00}{2.23} = 0.448 \\
 \text{CaO} &= \frac{1.23}{2.23} = 0.552 \\
 \text{SiO}_2 &= \frac{5.41}{2.23} = \underline{2.423}
 \end{aligned}$$

公式:

$$\begin{aligned}
 0.448 \text{ Na}_2\text{O} & \quad 2.423 \text{ SiO}_2 \\
 0.552 \text{ CaO} &
 \end{aligned}$$

就 RO 而言, 玻璃屑之當量為:

$$\begin{aligned}
 0.448 \text{ Na}_2\text{O} \times 62.0 &= 27.8 \\
 0.552 \text{ CaO} \times 56.1 &= 31.0 \\
 2.423 \text{ SiO}_2 \times 60.1 &= \underline{145.6} \\
 &204.4 \text{ 當量}
 \end{aligned}$$

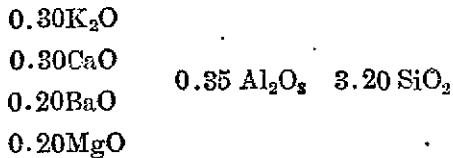
在一切之渣, 玻璃, 熔塊與玻璃中, RO 類常使其等於 1;



且根據所有之 RO 類，以計算其重量。玻璃屑既已熔融，自然不含揮發成分，故其當量即等於其公式量。如此類計算，係直接自原料配合量得來者，則吾人將得“公式原料配合量”(formula batch weight)，因其尚包括揮發成分也。故對於釉，玻璃與瑣瑯，吾人須先計算公式，再從之計算其當量。

釉之當量以稱之為釉公式量為尚，庶不致與原料之當量相混。故本書後數章中，釉之當量將名之為釉公式量。

【釉公式量之計算】 就下列釉之公式，計算其公式量。



此釉之 RO 等於 1；故無調整該公式之必要。每氧化物之當量數，即以其分子量乘之。

$$\begin{array}{r}
 0.30\text{K}_2\text{O} \times 94.2 = 28.3 \\
 0.30\text{CaO} \times 56.1 = 16.8 \\
 0.20\text{BaO} \times 153.4 = 30.7 \\
 0.20\text{MgO} \times 40.3 = 8.1 \\
 0.35\text{Al}_2\text{O}_3 \times 101.9 = 35.7 \\
 3.20\text{SiO}_2 \times 60.1 = \underline{192.3}
 \end{array}$$

311.9 公式量

【釉，玻璃等之公式原料調合量】 釉，玻璃，瑣瑯等之公式原料配合量，實即生原料調合配製方之當量。職是之故，故有借用公式量與公式原料配合量二名詞之必要，因“釉之當量”一名詞，可指生釉，亦可指熔融後之釉也。公式原料配合量，乃指燒成前之釉，玻璃等，可包括任何存在於原料調合配製方中

之揮發成分。

【**納之公式原料配合量之計算**】 計算公式原料配合量時，原料配合量從之計算之配製方，必須應用之，一如自試驗公式計算者，如將配製方改變，則公式必須重新計算，而配製方亦須重新自公式計算之。公式原料配合量，乃等於該配製方中各種成分之重量之和。

【**例**】 計算下列配製方之公式原料調合量。配製方中之數值，乃如自實驗公式計算得來者。

組成	公 式	自實驗公式計算之重量
鉀長石	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$	172.6
白堊	$\text{CaCO}_3$	29.4
碳酸鎂	$\text{MgCO}_3$	16.0
碳酸鋇	$\text{BaCO}_3$	33.8
瓷土	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	18.6
矽石	$\text{SiO}_2$	69.6

公式原料調合量 = 345.0

故公式原料配合量，乃等於自實驗公式計算得來配製方之各重量之總和也。公式原料配合量之應用，將於討論混合時，詳為解釋。混合生原料或磨用原料配合量時，公式原料配合量，多用以為根據；但混合熔塊，與玻璃時。則公式量多用以為根據也。

採用公式量，公式原料配合量與當量三名詞，則計算時之理解，可大形簡單。如普通用當量一名詞以代表此三種不同之數值，則易混亂矣。

原料配合量名詞，不可與公式原料配合量相混，因前者係指原料配合或配製方而言，非指一定數值也。原料調合量之

名詞，又常用以爲原料配合量或配製方之和，但其數值，可等於公式原料調合量，或否。

### 習 題

- (1) 計算下列之公式量：鉀長石，鈉長石，高嶺土岩，矽砂與白堊。
- (2) 根據  $RO(R_2O)$ ，計算下列之當量：鉀長石，矽砂，氯化鉀，冰晶石，正磷酸鈣，偏矽酸鈣，磷酸鉛與硫酸錳。
- (3) 根據  $R_2O_3$ ，計算下列之當量：高嶺土岩，鈉長石，矽酸，硫酸錳，磷酸鉛，重鉻酸鉀，鐵酸鉀，過錳酸鉀。
- (4) 計算第六章中問題 2, 3, 4, 5 與 7 各組成中之公式量。
- (5) 計算下列長石之公式量：

0.60 $K_2O$		
0.35 $Na_2O$	1.0 $8Al_2O_3$	
0.03 $CaO$	0.01 $Fe_2O_3$	7.76 $SiO_2$
0.03 $MgO$		

- (6) 計算下列 Cornwall 石之公式量：

0.3490 $K_2O$		
0.3445 $Na_2O$		8.995 $SiO_2$
0.2691 $CaO$	1.1958 $Al_2O_3$	0.8221 $H_2O$
0.0374 $MgO$		

- (7) 計算下列之各公式量：

組成	$a$	$b$
$SiO_2$	70.79	72.21
$Al_2O_3$	16.75	16.32
$Fe_2O_3$	0.22	
$CaO$	0.24	2.02
$MgO$	0.18	0.02
$K_2O$	8.26	4.39
$Na_2O$	3.29	2.86
灼熱減量	0.46	1.97

## 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

釉公式，因對於解釋釉之性質，與比較不同之釉，最為便利，故常用之，以表示組成。配製方中，則雖列有釉之組成原料，然不如此可靠；因造成釉之長石，黏土等之組成，常有變動也。雖然，在琉璃中用配製方，則頗為普通；其優點為：用之，則可指定各原料；因各原料之性質，對於燒成釉或琉璃之性質，與燒成及工作性質，均有相當影響也。

因公式為一般所常用，故必須有一便利而迅速之方法，能將其變為製方，並由製方變為公式。配製釉料，琉璃與坯時，普通公認之方法，為只用不溶解原料或溶解原料之不溶解熔塊。熔塊之製備，將於第九章中述之；以熔塊之配製頗為複雜，須詳細討論之。本章所討論者，將只限於無須製成熔塊之釉。此種釉，謂之生釉(Raw glazes)以別於須製備熔塊之種類，所謂熔塊釉(Fritted glazes)者，是也。

從生釉，坯或琉璃，計算配製方之法，可用下列步驟：

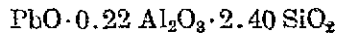
1. 將公式中之各氧化物，列成一線。
2. 細察釉之組成，注意有無鹼金屬氧化物之存在。如鉀或鈉存在，則須加入長石；在此情形下，則此為配合釉之初步。
3. 從釉公式中，減去長石之當量，以供給鹼金屬氧化物。
4. 再減去只供給釉中一個不變氧化物(矽酸除外)之原

料的當量。

5. 再減去供給釉中二個不變氧化物之原料的當量，但其次序，應使氧化鋁與二氧化矽，最後仍留不足。

6. 最後將礬土與矽酸補足，但不供給釉中任何其他不變之氧化物。

【例】 如擬配合下列釉：



公式排列如下，然後照減：

稍公式.....	1.00 PbO	0.22 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40 SiO <sub>2</sub>
加 1.00 PbO.....	1.00 PbO		
餘數.....		0.22 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40 SiO <sub>2</sub>
加 0.22 高嶺土.....		0.22 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.44 SiO <sub>2</sub>
(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)			
餘數.....			1.96 SiO <sub>2</sub>
加 1.96 燧石.....			1.96 SiO <sub>2</sub>
餘數.....			0

上列之釉，無鹼金屬氧化物故不加長石；而氧化鉛乃為 RO 類中之唯一成分，故以 PbO 加入最便，並即先行處置之。

其次須注意之氧化物，則為礬土；因其所需要之量，較矽酸為少也。礬土以加高嶺土 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O) 為最便利，同時高嶺土含矽酸 2 當量，礬土 1 當量。水分因可蒸發，故忽略之。此次減去之後，所餘矽酸之數，乃以燧石 (SiO<sub>2</sub>) 加入。故全部公式，可加下列各項以滿足之：

1.00 當量氧化鉛 (PbO)

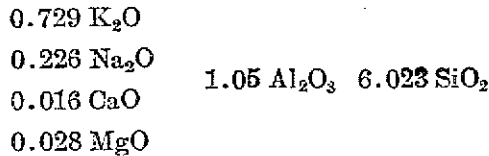
0.22 當量高嶺土

1.96 當量燧石

各原料當量數,各以其當量乘之,則得配製方;而其和,則為釉之公式原料配合量。各成分之重量,以其和(公式原料配合量)除之,再以 100 乘之,則得配製方之百分率。

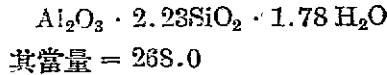
原料	當量數	當量	配製方	配製方百分率
PbO	1.00	$1.00 \times 223.2 = 223.2$	223.2	56.1
高嶺土	0.22	$0.22 \times 258.1 = 56.8$	56.8	14.3
燧石	1.96	$1.96 \times 60.1 = 117.8$	117.8	29.6
公式原料配合量 = 397.8				100.0

配合含有多成分之釉等,同時須有其他原料當量之知識。較普通原料之分子量與當量表,見後。同時更須知所用長石,黏土與其他原料,成分變化甚大之當量。如 Buckingham 長石,曾經證明,係有下列之公式:



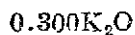
其當量之計算,如第 60 頁所記明者,乃每氧化物之當量,以其分子量乘之,並將其積相加。故當量 = 555。

瓷土,為高嶺土之根源;可有如下列之組成,亦可與高嶺土之理論組成甚近。



下列乃應用上列之長石與瓷土為原料,計算某釉料之配製方。燧石,白堊與碳酸鎂,均係純粹品,故於下列計算中,亦如是視之。

種之公式：---



計算時，種之排列：

	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
原來種.....	0.300	0.300	0.200	0.200	0.400	3.20
0.314 Buckingham 長石.....	0.300	0.095	0.009	.....	0.330	1.89
餘數.....	.....	0.295	0.191	0.200	0.070	1.31
0.295 白堊.....	.....	0.295	.....	.....	.....	.....
餘數.....	.....	.....	0.191	0.200	0.070	1.31
0.200 BaCO <sub>3</sub> .....	.....	.....	.....	0.200	.....	.....
餘數.....	.....	.....	0.191	.....	0.070	1.31
0.191 MgCO <sub>3</sub> .....	.....	.....	0.191	.....	.....	.....
餘數.....	.....	.....	.....	.....	0.070	1.31
0.070 瓷土.....	.....	.....	.....	.....	0.070	0.156
餘數.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.154
1.154 燧石.....	.....	.....	.....	.....	.....	1.154
餘數.....	.....	.....	.....	.....	.....	0

就上列解釋之，供給 0.300 當量之 KNaO 時，須用 0.314 當量之長石；此時氧化鉀 K<sub>2</sub>O 與氧化鈉 Na<sub>2</sub>O，乃合併計算，因其對於鹼藥有同樣之效力也。此點雖非絕對精確，然實甚近似。且於生鹼中，必須如是設想；因用純鉀長石與純鈉長石二者，而調節鉀鈉之比例，乃不可能者。在少數原料中，氧化鈉與

氧化鉀,可為不純物而存在;如重量稍大,則不得忽略之;且於正式加入鹼金屬氧化物時,必須減去其量。白堊,碳酸鋇,燧石,則無須修改,因此種原料,僅含可忽略數量之雜物也。

以上計算之結果,應如下排列之,並將每原料之當量數,以其當量乘之。

原 料	當量數	當量	配方	百分率
Buckingham 長石.....	0.314	$\times 555$	$= 174.3$	50.2
白堊.....	0.295	$\times 100$	$= 29.5$	8.5
Mg CO <sub>3</sub> .....	0.191	$\times 84.3$	$= 16.1$	4.6
BaCO <sub>3</sub> .....	0.200	$\times 197$	$= 39.4$	11.3
瓷土.....	0.070	$\times 263$	$= 18.8$	5.4
燧石.....	1.154	$\times 60.1$	$= 69.4$	20.0

公式原料配合量 = 347.5 100.0

百分率,係就配方中每個重量,以其公式原料配合量除之,然後乘 100 即得。

【從釉之配方計算公式】 從釉之配方計算公式,恰與從公式計算配方相反,其程序有如下述:

1. 配方中每組成分之含有量,以該成分之當量除之。
2. 製一圖表,並將每組成分所含有氧化物之量,置於適當之縱行中(見 70 頁)。
3. 將各氧化物之當量數相加。
4. 將一切 RO 氧化物之當量數相加,並以其和除各氧化物之當量數。
5. 按照實驗公式之慣例形式,RO·R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·RO<sub>2</sub> 排列之。

【例】 從下列釉藥之配製方,計算其公式:



配製方

Buckingham 長石.....	174.3
白堊.....	29.5
碳酸鎂.....	16.1
碳酸鋇.....	39.4
瓷土(見第 68 頁).....	18.8
燧石.....	69.4

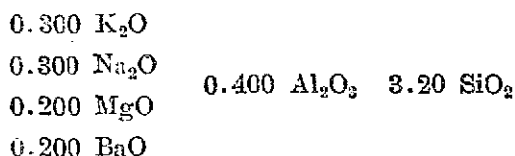
按照第 1 條:

組 成	重 量	當 量	當 量 數
Buckingham 長石.....	174.3	$\div 555$	$= 0.314$
白堊.....	29.5	$\div 100$	$= 0.295$
碳酸鎂.....	16.1	$\div 84.3$	$= 0.191$
碳酸鋇.....	39.4	$\div 197$	$= 0.200$
瓷土.....	18.0	$\div 268$	$= 0.070$
燧石.....	69.8	$\div 60.1$	$= 1.154$

按照第 2 條與第 3 條, 將其排列如下, 並將各氧化物之當量相加。

各氧化物之當量數	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
0.314 Buckingham 長石	0.300	0.005	0.009	.....	0.330	1.89
0.295 白堊	.....	0.295	.....	.....	.....	.....
0.191 MgCO <sub>3</sub>	.....	.....	0.1*	.....	.....	.....
0.200 BaCO <sub>3</sub>	.....	.....	.....	0.200	.....	.....
0.070 瓷土	.....	.....	.....	.....	0.070	0.156
1.154 燧石	.....	.....	.....	.....	.....	1.154
	0.300	0.300	0.299	0.200	0.400	3.209

按照第 4 條與第 5 條,



上述之程序，無論從配製方組成百分率，或原料配合量中任何重量關係着手，皆得應用之。

### 代 替

在窯業品之混合物中，常欲以一種原料，代替另一種，以供給同樣不變氧化物，或在少數情形下，以另一種氧化物，代替一種不變氧化物。如吾人或欲以鉛白代替鉛丹，以供給PbO之用；又或欲以硼砂代替硼酸，以供給氧化硼，前者之代替法，極其簡單，因所關係者，僅不變氧化物PbO而已。後者則不惟影響於 $\text{B}_2\text{O}_3$ ，抑且影響於 $\text{Na}_2\text{O}$ 之含量也。

以鉛白代替鉛丹時，各原料乃按其當量之比例而代替之。故鉛白須258.5分，方足以代替228.5分之鉛丹。

以硼酸代硼砂，亦按其當量比例加入之。故硼砂須190.7分，方足以代替123.7分之硼酸。雖然，在加入硼砂190.7分時，同時亦加入31分之 $\text{Na}_2\text{O}$ 於混合物中。故如加190.7分之硼砂，則必須從蘇打之另一來源，如碳酸鈉等中，減去31分之 $\text{Na}_2\text{O}$ 。31分之 $\text{Na}_2\text{O}$ ，實等於53分之碳酸鈉。

如須計算多數複雜之代替時，最好先將混合物之公式算出，然後用原料配合量中需要之原料，配合一新原料配合之配方。

在生原料配合物中，以一種原料代替另一種時，必不可以為其成品亦將仍與前者相同；蓋用不同原料製成之窯業品，其

化學元素組成雖相同，但其性質，則可有顯著不同之點也。

【例】於下列釉中，以鉛白代鉛丹。配製方第 1 號。

鉀長石	55.6
白堊	30.0
球狀黏土	7.7
燧石	32.4
氧化鋅	8.1
鉛丹	114.2

因 258.5 分之鉛白，等於 228.5 分之鉛丹，故有下列之比例：

例：

$$258.5 : 228.5 :: X : 114.2$$

$$\therefore X = 129.2$$

故必用 129.2 分之鉛白，以代替 114.2 分之鉛丹，且其原料配合配製方將為：

鉀長石	55.6
白堊	30.0
球狀黏土	7.7
燧石	32.4
氧化鋅	8.1
鉛白	129.2

【例】如上述釉第 1 號中，吾人欲以鈉長石，代替鉀長石。設兩者皆係純粹之長石，則吾人可按其當量之比例，以一種代替另一種。如是，則鈉長石 524 分，對鉀長石 556 分，其計算為：

$$524 : 556 :: X : 55.6$$

$$X = 52.4$$

或 52.4 分之鈉長石。

配製方：

鈉長石.....	52.4
白堊.....	30.0
球狀黏土.....	7.7
燧石.....	32.4
氧化鋅.....	8.1
鉛丹.....	114.2

依上述之程序，可作多數之簡單代替；如此項代替，可分為數部行之，而一次代替一部者；則於少數情形下，亦可作較複雜之代替。雖然，以一種商用長石，代替另一種，而不計算其公式，並從而計算其新原料配合之配製方，則不可能。至從配製方以計算公式，與從公式以計算配製之法方，則在本章前部，已詳述之矣。

### 習 題

(1) 設下列各黏土與高嶺土岩(Kaolinite)之組成相合，試算下列計管藥品之公式：

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
長石.....	30.0	33.0	30.0	15.0	20.0	18.0
白堊.....	2.0	.....	2.0	.....	1.0	0.50
瓷土.....	17.0	21.0	27.0	35.0	25.0	35.0
球狀黏土.....	35.0	26.0	10.0	20.0	25.0	10.0
MgCO <sub>3</sub> .....						0.50
燧石.....	16.0	20.0	20.0	20.0	29.0	36.0

(註：用假想之公式為)

(2) 用第 6 章習題 7 中長石(b)與黏土(a)(c)(d)與(e), 計算下列鑛品極之公式:

號數	黏土(a)	黏土(c)	黏土(d)	黏土(e)	長石(b)	磁石
1.	.....	.....	.....	55.0	55.0	10.0
2.	.....	.....	.....	65.0	25.0	15.0
3.	.....	.....	.....	75.0	17.0	8.0
4.	.....	.....	5.50	.....	15.0	30.0
5.	.....	55.0	.....	.....	5.0	40.0
6.	.....	.....	6.50	.....	10.0	25.0
7.	55.0	.....	.....	.....	30.0	15.0
8.	.....	.....	65.0	.....	30.0	5.0
9.	.....	60.0	.....	.....	5.0	35.0
10.	.....	55.0	.....	.....	40.0	5.0
11.	50.0	.....	.....	.....	45.0	5.0

(3) 應用純粹之鉀長石, 而黏土則視為高嶺土岩, 計算下列之配製方:

號數	K <sub>2</sub> O	CaO	BaO	ZnO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	PbO	Cr <sub>2</sub> O
1.	0.300	0.450	0.250	.....	.....	0.350	2.70		
2.	0.300	0.350	0.200	0.150	.....	0.350	2.70		
3.	0.310	0.700	.....	.....	.....	1.000	7.20		
4.	0.403	0.201	.....	0.385	.....	0.473	2.96		
5.	0.450	0.150	.....	0.400	.....	0.60	3.60		
6.	0.377	0.108	.....	0.444	.....	0.516	2.84		
7.	0.550	0.100	.....	0.350	0.200	0.550	3.20		
8.	0.500	0.650	0.100	0.350	.....	0.650	3.60		
9.	0.681	0.240	.....	0.100	.....	0.300	0.92	0.460	0.060
10.	0.100	0.350	.....	0.100	.....	0.130	1.20	0.500	

(4)計算下列粉藥之公式。(長石視爲純粹鉀長石,而黏土則視爲高嶺土岩)。

號 數	1	2	3	4	5	6	7	8
長 石	161.8	166.8	250.1	333.6	166.8	278.0	209.6	111.2
白 堊	70.0	35.0	15.0	90.0	70.0	5.0	10.8	30.0
球狀黏土	23.4	12.9	20.0	60.0	60.0	30.0	35.8	15.5
瓷 土	51.0	.....	18.7	56.1	120.6	8.73	.....	.....
燧 石	126.2	48.1	36.0	237.0	240.0	18.0	18.0	64.8
碳酸鋇	.....	39.4	.....	.....	.....	19.7	.....	.....
碳酸鎂	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
氧化鋅	.....	12.2	32.6	7.2	.....	28.5	26.5	16.2
鉛 丹	.....	.....	.....	274.2	.....	.....	.....	223.5
氧化銅	.....	.....	.....	16.8	.....	.....	.....	.....

## 第九章

### 熔塊釉

生釉雖價低，便於調製；而應用範圍甚廣，然調合時所用之原料，僅限於不溶解者，乃其所短。如是，生原料如真珠灰（碳酸鉀），蘇打灰（碳酸鈉），硼砂（硼砂鈉）硼酸與其他次要者，皆被屏棄。然上述諸原料，於調合熔塊釉，乃為極有價值者；因其對於釉之組成，可有精確之控制，且使釉料組成，開一新局面。其製法，係先製成含此種原料之不溶性玻璃，然後將其介紹於釉中。

釉中不宜含溶解原料之原因甚多，第一原因，為施釉之器物，可吸收水分，如有溶解原料存在，則吸收溶液；如此，則吸收溶解原料。設此溶解原料為碳酸鈉，則此熔融物，將進入坯中而使其變軟。且脫離釉後，則釉將較其組成所應保證者，為更耐大矣。乾燥時，釉中之水分，僅在表面上蒸發；如此則釉中水分，將因毛細管作用而漸流露於表面。因此作用，所有可溶解原料，即將漸次運至表面而濃縮。此現象更可使生釉成分，不能均勻分配，而使均勻之釉不可得。其結果，常使表面暗淡；或使之易受水與空氣之侵蝕，而使表面逐漸暗淡焉。

釉中含有可溶成分，則所成之溶液，可有溶解其他平常不溶於水原料之趨向。因之有色氧化物，或將溶解，而不均勻分佈於成品中。

溶解成分之另一大弊，為難使釉中之浮懸粒子，與溶液保

持均勻。用浸掛法時，在任何情形下，皆難得到同比例之固體與液體，以施於器物上。此則又因釉藥分佈不勻之故也。

溶解部分，常為鹼金屬化合物，或至少能成鹼性溶液，此則有害於工作者之手，或於浸掛器物時，必須用手套以保護之。

溶解性原料之應用，既如是之不適宜，而熔塊法擴大稱藥用途之可能性又如是之大，故鑒業家務須深知熔塊之配合與應用。因熔塊釉之配合，可將市場上一切原料，加以考慮也。

熔塊製備之最重要理由，為將溶解性原料，變為不溶解性之狀態。雖然，此非將生原料，製成熔塊之唯一利益也。因製備熔塊時，揮發物可被驅逐，收縮亦大減，而各成分在物理上或化學上言之，皆成極密切結合之狀態，如玻璃然。換言之，應用時，熔塊釉較之生釉，實更近於成熟。熔塊法，又可使色料於釉藥中均勻分佈，且使色料，如硒等，不能用者，皆能利用。有色氧化物，如鉻或鈷，常可加於熔塊中；非此，則此類氧化物，不能均勻分佈於玻璃中，尤以製低火度釉藥時為著。此外，熔塊製備，尚可減輕鉛，銻，鋇等中毒之危險，因其可使此等元素因稀釋與不溶解性，而變為不易吸收之形態也。

【熔塊之配製】 熔塊配製時，應依下列之諸法則：<sup>(1)</sup>但應用此項法則時，經驗與判斷力，甚關重要。因有時某種情形，常使吾人對於配合諸法則，有設法通融之必要，蓋遵從某一法則，尚致違背其他法則也。

---

(註1) 此等法則，係根據美國鑒業協會所規定而修正者。美國鑒業協會譯  
第二卷。



### 熔塊之配製原則

1. 熔塊中酸性分子與鹼性分子之比例，必不可較 1 比 1 爲少，且不宜逾 3 比 1。

此法則之規定，意在使熔塊保持於容易熔融之範圍中。如酸性分子或鹼性分子過多，則最佳該熔塊亦將極難熔融。如溫度增高，則熔塊中較易揮發之原料，脫逸之傾向更大，結果將使熔塊更難溶化。

2. 熔塊中鹼金屬氧化物與氧化硼之比例，應與釉中鹼金屬氧化物對於氧化硼之比例相同。

因釉中之鹼金屬氧化物與氧化硼，皆爲溶解之成分，故此法則，無異述及所有之氧化硼與鹼質氧化物，皆須置於熔塊中。雖然，如有一部分鹼金屬氧化物，係以長石加入者，則此解釋亦未必盡然。

3. 熔塊中鹼金屬氧化物與其他 RO 氧化物之比例，不得逾 1 比 10 如此，方可保證不溶熔塊之製成，蓋至少可有等量之不易溶 RO 氧化物，以充分抵制易溶之鹼金屬氧化物也。

因鹼質矽酸鹽熔塊，皆爲可溶解者，故最低限度，熔塊中須含有一個或二個其他自成不溶矽酸鹽之養化物，俾得成不溶解之熔塊。可能時，此氧化物之一，應爲氧化鋁。

4. 熔塊中之酸成分，必含矽，且如有氧化硼存在，則矽酸與氧化硼之比例，最低應爲 2 比 1。

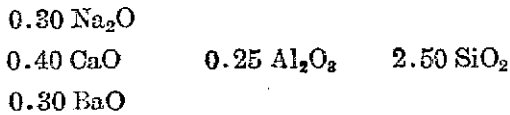
因硼酸鹽頗易溶解，矽酸所以用以減低其溶解度，而製成一較佳之熔塊。

5. 熔塊中之氧化鋁，不宜超過 0.2 當量大多。

如氧化鋁太多，除增溶化困難外，且易成一極稠黏之熔

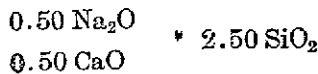
塊。熔塊過於難溶化，務須避免，因若必須在高溫度溶化，則結果或使鹼質物，氧化鉛，或氧化硼揮發也。

【熔塊之計算法】 下列問題之解答，可以闡明用於計算熔塊釉之方法。試計算下列釉藥之配方：



試詳細觀察之，即知此種藥係一熔塊釉；因  $\text{Na}_2\text{O}$  逾於  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ，故所有鹼金屬氧化物，決非以長石加入者。因長石中，鹼金屬氧化物與氧化鋁之比，僅為 1 比 1 也。如加長石 0.3 當量，則我等同時加入 0.3 當量之氧化鋁與 1.5 當量之矽酸。從鹼金屬氧化物與矽酸之觀點觀之，固可稱滿意，但如是，則已逾釉中所需要氧化鋁之量矣。如長石加入之量減少，則鹼金屬氧化物之量不能滿足，尚須加入溶解狀或熔塊狀之鹼金屬氧化物方可；以此知上述為一熔塊釉，明矣。

此釉藥之熔塊，應含所有之鹼金屬氧化物，與等量之鹼土金屬氧化物，並含與上述兩氧化物相加量之二氧化矽。密玻璃碎片，有下列之實驗公式，可資應用：——



此玻璃屑，適合於熔塊之需要條件；所例外者，即二氧化矽與 RO 之比例為 2.5 比 1，而非 1 比 1。雖然，此亦無礙，因其仍在 3 比 1 範圍之內，且製熔塊時之性質如何，可以不問也。

以玻璃屑為熔塊之計算，有如下述：——

原釉式.....	0.30 Na <sub>2</sub> O	0.40 CaO	0.30 BaO	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.50 SiO <sub>2</sub>
0.60當量玻璃...	0.3 Na <sub>2</sub> O	0.30 CaO	.....	.....	1.50 SiO <sub>2</sub>
餘數.....	.....	0.10 CaO	0.30 BaO	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 SiO <sub>2</sub>
0.10CaCO <sub>3</sub> .....	.....	0.10 CaO	.....	.....	.....
餘數.....	.....	.....	0.30 BaO	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 SiO <sub>2</sub>
0.30 BaCO <sub>3</sub> .....	.....	.....	0.30 BaO	.....	.....
餘數.....	.....	.....	.....	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00 SiO <sub>2</sub>
0.25 高嶺土 .....	.....	.....	.....	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50 SiO <sub>2</sub>
餘數.....	.....	.....	.....	.....	0.50 SiO <sub>2</sub>
0.50 燐石 .....	.....	.....	.....	.....	0.50 SiO <sub>2</sub>
餘數.....	.....	.....	.....	.....	.....

其配製方為：

	當 量	配製方
0.60 當量玻璃	0.60 × 209 =	125.4
0.10 當量 CaCO <sub>3</sub>	0.10 × 100 =	10.0
0.30 當量 CaCO <sub>3</sub>	0.30 × 197 =	59.1
0.25 當量高嶺土	0.25 × 258 =	64.5
0.50 當量石英	0.50 × 60.1 =	30.0

公式原料配合重量 = 289.0

釉之配合成分，既已計算完畢，其配製方應再精密觀察之。務期使中各原料之組合，有適乎造成釉藥之性質。細察上述配製方，即知原料配合量中，含黏土（高嶺土）約四分之一；此含量，殊嫌過多。因釉之收縮，須與所施之坯適相符合，或最少亦不得過大，致使龜裂。反之，釉中含黏土太少，則易成粉塵，而脫坯飛揚。不同種類之坯，所需要之釉藥性質，固屬不同；然

黏土普通多在5%至15%之間。重釉藥如鉛釉者，可含黏土低至5%；然輕釉藥，如石灰釉者，一般須黏土約10%左右。

因欲改正我等之配方，故須將15%之黏土，用已煨燒之黏土加入之，或將配製方改變，使其一部之礬土，用長石加入之。因黏土量如是之多，在釉熔融物中不能完全溶解，故以改變配製方為最佳。其改變方法有如下述：

原釉式.....	0.30 Na <sub>2</sub> C	0.40 CaO	0.30 BaO	0.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.50 SiO <sub>2</sub>
0.15當量純粹鈉長石.....	0.15 Na <sub>2</sub> O			0.15 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.90 SiO <sub>2</sub>
餘數.....	0.15 Na <sub>2</sub> O	0.40 CaO	0.30 BaO	0.10 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.60 SiO <sub>2</sub>
0.30當量玻璃.....	0.15 Na <sub>2</sub> O	0.15 CaO			0.75 SiO <sub>2</sub>
餘數.....		0.25 CaO	0.30 BaO	0.10 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85 SiO <sub>2</sub>
0.25當量白堊.....		0.25 CaO			
餘數.....			0.30 BaO	0.10 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85 SiO <sub>2</sub>
0.30當量BaCO <sub>3</sub> .....			0.30 BaO		
餘數.....				0.10 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.85 SiO <sub>2</sub>
0.10當量黏土.....				0.10 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.20 SiO <sub>2</sub>
餘數.....					0.65 SiO <sub>2</sub>
0.65當量石英.....					0.65 SiO <sub>2</sub>
餘數.....					

其配製方如下：

組成	當量數	當量	配製方
長石.....	0.15	524.5	= 78.7
玻璃碎片.....	0.30	209	= 62.7
白堊.....	0.25	100	= 25.0

碳酸鋇	.....	0.30 × 153	=	45.9
高嶺土	.....	0.10 × 258	=	25.8
石英	.....	0.65 × 60.1	=	39.1
公式原料配合重量				= 277.2

配方中，黏土約佔原料配和量中 9.2%；就大體言之，此配方似為適合。

下述為一熔塊釉之例，其中之熔塊，乃特別為此種製備者。此釉式為：

0.120 K <sub>2</sub> O			
0.230 Na <sub>2</sub> O	0.240 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.55 SiO <sub>2</sub> ,	
0.300 CaO	0.49 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
0.350 PbO			

試計算釉之配製方：

細察此釉公式，即知此必為熔塊釉，且因有 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 之存在，故用普通玻璃不足以製之。

鹼金屬氧化物與氧化硼，必須包括於熔塊中，因氧化鉀與氧化鈉之比率，有一定之數值，且氧化硼非加入於熔塊不可。氧化鈉與氧化硼，同時在熔塊中時，如為二者之比率所許可，一般多以硼砂加入之。此釉中，如加 0.230 當量硼砂於熔塊中，即可供給 0.230 當量之氧化鈉，與 0.460 當量之氧化硼。而所餘之 0.03 當量氧化硼，則以硼酸加入之。因上列釉式中，氧化鋁如全部以黏土加入，則太多；故其一部，以用長石加入之為宜。且因氧化鉀仍未滿足，故鉀長石極為合用。吾人可以 0.12 當量之鉀長石，供給全部之氧化鉀，與 0.1 當量之氧化鋁。所餘之 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，僅 0.12 當量，得以黏土加入於釉中以得之。隨長石之加入，同時亦加入 0.72 當量之二氧化矽，故將二

氧化矽減為 1.83 當量。

因欲製不溶解之熔塊，故須加入一部分之石灰，如上述，全部最好用白堊加入熔塊中。因欲使鹼金屬氧化物，對於其餘 RO 族之比率為 1 比 1，故吾人應加入 0.15 當量之 PbO；此 PbO，則用  $Pb_3O_4$  加入於熔塊中。

此熔塊之 RO，可總列之於下：

0.120 $K_2O$	}	或化爲	}	0.150 $K_2O$
0.230 $Na_2O$				0.288 $Na_2O$
0.300 $CaO$				0.375 $CaO$
0.150 $PbO$				0.187 $PbO$
0.800				1.000

隨長石而入於熔塊中者，有 0.120 當量之氧化鋁，與 0.720 當量之二氧化矽，然欲使酸與鹼之比率，最低為 1 比 1，且二氧化矽與氧化硼之比率，最低為 2 比 1，故須用燧石加入於熔塊中，以供給一部分應增之二氧化矽。以此，吾人加入 1.00 當量之二氧化矽，而用燧石加入於熔塊中。而此熔塊式，經以 RO 原和數 0.800 除之，而化為一後，列之於次：

0.150 $K_2O$			
0.288 $Na_2O$	0.150 $Al_2O_3$		2.150 $SiO_2$
0.375 $CaO$	0.614 $B_2O_3$		
0.187 $PbO$			

氧化鋁 0.120，以 0.800 除後，則等於 0.150。由燧石加入之二氧化矽，為 1.00 當量，由長石加入者，為 0.72 當量，故熔塊中二氧化矽之總量，為 1.720；經將 RO 化為 1 後，則為 2.150 當量。又 0.49 當量之氧化硼，經將 RO 化為 1 後，則為 0.614 當量。

此熔塊現可滿足配合熔塊之一切法則，且有充分之黏土，可使熔塊中所增加之石英與鉛白，保持浮懸狀態於最後之釉原料配合物中。

熔塊之配方，可計算於下：

組成	當量數	當量	配方
長石	0.150	$\times 557 =$	83.5
硼砂	0.288	$\times 382 =$	110.0
白堊	0.375	$\times 100 =$	37.5
鉛丹	0.187	$\times 228 =$	42.6
矽石	1.250	$\times 60.1 =$	75.2
硼酸	0.038	$\times 124 =$	4.7
公式原料配和量			= 353.5

細察之，可知上述各當量之數值，均較前所討論者為大，此因每項曾以 RO 原總和 0.800 除之，使 RO = 1 之故也。

熔塊之當量，可直接由公式計算之，即將每氧化物之當量數，乘其分子量，並將其積數相加。

氧化物	當量數	分子量	積
$K_2O$ .....	0.150	$\times 94.2 =$	14.1
$Na_2O$ .....	0.288	$\times 62.0 =$	17.9
$CaO$ .....	0.375	$\times 56.1 =$	21.0
$PbO$ .....	0.187	$\times 223 =$	41.7
$Al_2O_3$ .....	0.150	$\times 102 =$	15.3
$SiO_2$ .....	2.150	$\times 60.1 =$	129.2
$B_2O_3$ .....	0.613	$\times 69.6 =$	42.7
量當			= 281.9

當量，亦係熔塊後之重量；而熔塊後之當量，亦即熔塊一

公式原料配合量時理論上所得之熔塊重量。

最後，用於釉之粉磨配合中之熔塊與其他原料之數量，必須一一算出。此計算，與應用於生釉者相似，所不同者，即熔塊亦將用作生原料之一耳。其計算有如下述：

原釉式.....	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	PbO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
	0.120	0.230	0.300	0.350	0.240	2.550	0.490
0.8 當量熔塊	0.120	0.230	0.300	0.150	0.120	1.720	0.490
餘數.....				0.200	0.120	0.830	
0.2 當量鉛白				0.200			
餘數.....					0.120	0.830	
0.12 當量高嶺土					0.120	0.240	
餘數.....						0.590	
0.59 當量燧石						0.590	
餘數.....							

釉之粉磨配合，或配製方之計算，有如下述：

組成	當量數	當量	配製方
熔塊.....	0.800	$\times 281.9 =$	225.6
鉛白.....	0.200	$\times 258.5 =$	51.7
高嶺土.....	0.120	$\times 258.0 =$	31.0
燧石.....	0.590	$\times 60.1 =$	35.5

公式原料配合量 = 343.8

因上述釉藥，含黏土約 10%，故其性質，似在大多數器物所需要者範圍中。不同種類之黏土，可選擇之，以期其能應廣大範圍之需要。



## 習 題

(1) 採用鉀長石；全部之氧化鋁，用礫砂加入；剩餘之蘇打，用蘇打灰加入；而全部之石灰，用鹽石加入。試計算下列全部製成熔塊時之配製方：

0.25 $\text{Na}_2\text{O}$		
0.10 $\text{MgO}$		
0.15 $\text{PbO}$	0.15 $\text{Al}_2\text{O}_3$	
0.15 $\text{K}_2\text{O}$	0.20 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.00 $\text{SiO}_2$
0.05 $\text{ZnO}$	0.075 $\text{Sb}_2\text{O}_3$	
0.15 $\text{CaO}$		
0.15 $\text{BaO}$		

(2) 全部之氧化鋁，用礫砂加入；0.06 當量之氧化鉀，用磷酸鉀加入；剩餘之氧化鉀，用鉀長石加入；剩餘之氧化鉛，用冰晶石加入，剩餘之蘇打，用蘇打灰加入。試計算下列全部製成熔塊時之配製方：

0.54 $\text{Na}_2\text{O}$		
0.15 $\text{PbO}$	0.16 $\text{Al}_2\text{O}_3$	
0.16 $\text{K}_2\text{O}$	0.20 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.00 $\text{SiO}_2$
0.05 $\text{ZnO}$	0.05 $\text{Sb}_2\text{O}_3$	
0.10 $\text{CaO}$		

(3) 0.06 當量之氧化鉀，用磷酸鉀加入；剩餘之氧化鉀，用鉀長石加入；全部之氧化鋁，用礫砂加入；剩餘之蘇打，用蘇打灰加入；全部過剩之氧化鉛，用冰晶石加入。試計算下列全部製成熔塊時之配製方：

0.10 $\text{CaO}$		
0.54 $\text{Na}_2\text{O}$	0.16 $\text{Al}_2\text{O}_3$	2.00 $\text{SiO}_2$
0.15 $\text{PbO}$	0.20 $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.65 $\text{SnO}_2$
0.16 $\text{K}_2\text{O}$		
0.05 $\text{ZnO}$		

(4) 以下列之熔塊，鉛白，紅氧化鐵，黏土與鹽石，計算下列原料之配製方與配製方之重量：

熔塊	6.5714 Na <sub>2</sub> O	0.357 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.50 SiO <sub>2</sub>
	0.4286 PbO	0.171 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
(a)	0.400 Na <sub>2</sub> O	0.050 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.40 SiO <sub>2</sub>
	0.600 PbO	0.250 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		0.330 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
(b)	0.400 Na <sub>2</sub> O	0.050 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.20 SiO <sub>2</sub>
	0.600 PbO	0.250 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		0.810 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	

(5) 從下列原料配製方,計算其釉式:

熔塊	(a)	(b)	(c)	(d)
長石.....	104.44	139.25	208.88	208.88
白堊.....	50.00	50.00	37.50	37.50
B CO <sub>2</sub> .....	24.63	24.63	24.63	24.63
Mg(O <sub>2</sub> ).....	5.25	5.25	5.25	5.25
Si(O <sub>2</sub> ).....	9.19	9.19	9.19	9.19
硼酸.....	3.91	54.25	77.50	77.50
燧石.....	84.60	93.75	105.00	90.00
黏土.....	.....	.....	.....	32.25
硼砂.....	23.88			

釉:

熔塊.....	208.00	255.55	325.00	335.28
長石.....	55.70	55.70	55.70	55.70
白堊.....	10.00	10.00	10.00	10.00
黏土.....	25.80	25.80	25.80	25.80
燧石.....	16.33			

(6) 計算下列釉之熔塊釉式,熔塊原料配製方與最後之釉原料配製方。加入之生粘粉(膏物),應含 0.1 當量之黏土,0.1 當量之白堊與 0.1 當量之燧石。其他應用之原料,為硼砂,蘇打灰,碳酸錳,白堊,碳酸鎂,碳酸鋁,硼酸,燧石,長石與氧化鎂。

(a)	0.250 $K_2O$			
	0.050 $Na_2O$			
	0.500 $CaO$	0.350 $Al_2O_3$		
	0.100 $BaO$	0.350 $B_2O_3$	3.10	$SiO_2$
	0.050 $MgO$			
	0.050 $SrO$			
(b)	0.300 $K_2O$			
	0.500 $CaO$	0.400 $Al_2O_3$		
	0.100 $BaO$	0.500 $B_2O_3$	3.700	$SiO_2$
	0.050 $MgO$			
	0.050 $SrO$			
(c)	0.400 $K_2O$			
	0.400 $CaO$	0.500 $Al_2O_3$		
	0.100 $BaO$	1.00 $B_2O_3$	4.00	$SiO_2$
	0.050 $MgO$			
	0.050 $SrO$			
(d)	0.300 $K_2O$			
	0.100 $Na_2O$	0.500 $Al_2O_3$		
	0.300 $CaO$	0.500 $B_2O_3$	4.00	$SiO_2$
	0.200 $BaO$			
	0.100 $MgO$			

## 第十章

### 混合與泥漿之比重

釉，坯，琺瑯組成之研究，常可用混合不同組成而使生中間物之法，而大減實驗之工作。精於原料之配合者，皆知自某一組成，甚難確實預料其結果之如何。蓋關於此種熔融物之知識，至今尚屬有限也。例如配釉，除溫度變化與燒火時環境不同所生之複雜情形外，尚須顧及大多數原料互相存在時之關係。在氧化狀況下所得之結果，可與其在還元狀況時所得者，大不相同；且加熱或冷卻之速率，亦於釉藥有大影響。此外，施釉之坯，亦有關係；因釉之適於某種坯者，或將完全不適於另一種。則其複雜之情形，可概見矣。且吾人之知識有限，故須藉捷徑之法，以試驗之。

取捷徑試驗法以研究釉藥，又為一重大問題，惟能按有系統之計劃以混合其組成，則問題之困難程度，可大減矣。

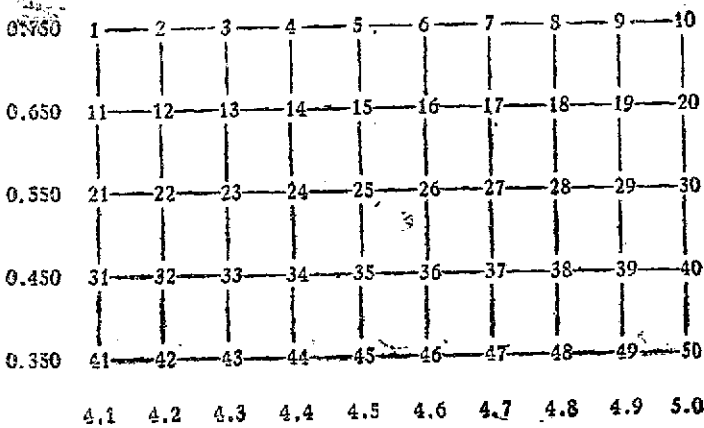
設吾人欲研究瓷器釉藥中氧化鋁與二氧化矽含量不同之影響。吾人知光澤瓷器釉中二氧化矽與氧化鋁之比例約為 7:1，或 8:1，且此比率低至 4:1 時，則得無光釉。試問產生最光澤與最良之釉藥，其限度確係如何？而其組成又確係如何？

欲答此問，必須於實驗室中，配製多種釉藥，敷之於試樣上，更在適宜之溫度下，燒成以試驗之。吾人可列出各種組成之範圍，不惟包括已知其為良釉藥者，更須包括其周圍不知結果之組成。設所研究之釉式，有如下述，而  $X$  與  $Y$  為變數。

0.300  $K_2O$   
 0.300  $CaO$        $X Si_2O_3$        $Y SiO_2$   
 0.200  $BaO$   
 0.200  $MgO$

今吾人使  $X$ ，即氧化鋁之量，自 0.350 當量變至 0.750 當量，而  $Y$  即二氧化矽之含量，自 4.100 當量，變至 5.000 當量。研究此類釉藥，應照下圖系統計劃之：

當量



第一圖

當量  $SiO_2$

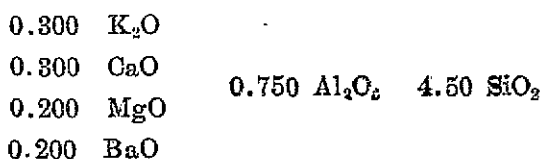
圖中共有 50 點，代表 50 種不同配合之組成；某點上之氧化鋁量，可在該點橫軸之左方得之，而其二氧化矽之含量，則可在該點縱軸之下方得之。舉例明之：點 23，代表 0.550 當量之氧化鋁與 4.30 當量之二氧化矽。故自 1 至 10 線上各點，皆代表 0.750 當量之氧化鋁；自 11 至 20 線上各點，皆代表

0.650 當量之氧化鋁；垂直線上各點，皆代表一定量之二氧化矽。故在此範圍內，氧化鋁與二氧化矽之可能配合，皆有所代表矣。範圍與點數目之選擇，則賴經驗與判斷力為之也。

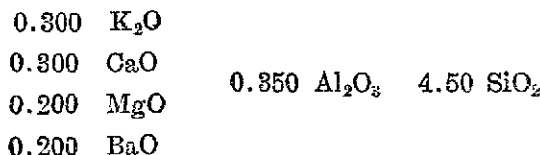
在上列圖表中，須配製者，共有 50 點，或 50 種組成。果非將兩端者配製，再將其混合而得其中間物，則此問題必費過長久之時間，方足以完成之。假定不將每個組成配製，而僅將線 0.750 當量與 0.350 當量之氧化鋁直線上各點配製，然後將其混合而得其他之組成。如是可節省工作幾至一半，因吾人只須就 20 點，計算其原料配合量，配製而細磨之，配製混合物時，吾人只須用 1 號釉與 41 號釉，為兩端組成，而配製其中間物 11, 21, 與 31；並以 2 與 42 配製 12, 22, 與 32。如此，將全圖上各點製成。

下列係表明所需要計算之例，點 5 與 45 視為兩端；而 15, 2, 與 35, 則視為中間物。

從圖中知 5 號釉之釉式為：



又 45 號釉為：

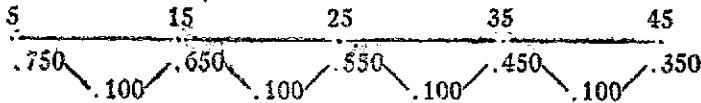


此二釉式之唯一差別，恰如所期者，即氧化鋁之含量；故其中間物，除氧化鋁含量介乎 0.750 與 0.350 當量之間外，其

軸式實相同。

以同解測定配製中間物 15, 25 與 35 時須用極端數 5 與 45 之用量之法, 有如下述:

畫一水平線, 並於線之兩端置極端數, 而中間數則依順序線線排列。線上, 標明點之數目, 而線下, 則標明混合時變數之含量; 相鄰兩數之差, 則以括號標明之。



今照槓桿之關係, 所需要之組成, 則視為杆之中心點, 而記錄自此點至兩邊極端線之長度。須用某極端數之比較量, 則以自中間物至其相反方向極端線之長度, 表示之。至線之長度, 則以變數間之差數表示之。

例如:

15 號軸, 須 5 號 3 分, 與 45 號 1 分。

25 號軸, 須 5 號 2 分, 與 45 號 2 分。

35 號軸, 須 5 號 1 分, 與 45 號 3 分。

以上表示重量之比率; 又如兩極端數之公式原料配合量相差甚大, 則此等極端數值, 當認為公式原料配合量 (或稱當量) 之比率, 如是, 則上述每極端數之量, 應以其公式原料調合量乘之, 以得精確之比率。

尚有一法, 以求如上述之同樣數值者, 即用下列之公式:

$$PB = \frac{DA}{DA + DB} \quad PA = \frac{DB}{DA + DB}$$

A = 極端數;

B = 另一極端數;

$PA$  = 應加入極端數  $A$  之比例；

$PB$  = 應加入極端數  $B$  之比例；

$DA$  =  $A$  與所需要點之差數；

$DB$  =  $B$  與所需要點之差數。

應用此公式於本問題，且以 5 號釉為  $A$ ，45 號釉為  $B$ ，則點 15 之計算，有如下述：

$$DA = 0.750 - 0.650 = 0.100$$

$$DB = 0.650 - 0.350 = 0.300$$

$$PA = \frac{0.300}{0.100 + 0.300} = 0.750$$

$$PB = \frac{0.100}{0.100 + 0.300} = 0.250$$

無論應用何法，皆可得到同樣之結果；且二法中，結果皆為重量之比率。惟極端數之公式原料配合量相差甚大時，則否；如是，則比率中之每部，應以該極端數之公式原料配合量乘之。

釉公式原料配合量計算之解釋，在第七章中，業已述及。

以上計算，係指混合乾燥原料之比率；但大多數釉藥，混合時多為泥漿狀，故此比率必須更換至該標準。泥漿之配合，或以容量法或以重量法。少量原料混合，以重量混合為更便利而精確。

欲將所得比率，變為以泥漿為標準者，則混合泥漿之乾燥係數(dry factor)，必須求出。其法依重量配合時，可取攪拌完妥之泥漿約100克，精密秤定之，在 $110^{\circ}\text{C}$ 下，乾燥至重量不變。然後以最後之重量除原重量，此即為重量乾燥係數(weight-dry-factor)，其數恆略大於1。此重量乾燥係數，以擬加入乾燥原料之重量乘之，則得合有所需乾燥原料重量之泥漿重量。



於容量混合法中，吾人則用容量乾燥係數 (volume-dry-factor)。其測定之法，即取精密量出之泥漿體積約 100cc，使其乾燥至重量不變。其體積 (cc.)，以乾燥泥漿之重量 (g.) 除之，則得容量乾燥係數。容量乾燥係數，乘以混合時應加入乾燥原料之重量 (g.)，則得含有該乾燥原料重量之體積 (cc.)。

【例】用極端數之 5 號，與 45 號油漿各 100 克；乾燥後秤之，知 5 號之乾燥重量為 45 克，而 45 號者為 52.9 克；故 5 號之重量乾燥係數，為  $100 \div 45 = 2.22$ ，45 號之重量乾燥係數，為  $\frac{100}{52.9} = 1.89$ 。

混合點 15，如油漿中須含 1000 克之乾燥油時，問須用 5 號與 45 號之油漿各若干？配製油 15 號，知需 5 號者重量 3 成分，而 45 號者 1 成分，即 3 與 1 之比率。 $3 \div (1+3) \times 1000 = 750$ ，即配製 15 號 1000 克乾燥原料，應用 5 號者之克數。再  $1 \div (1+3) \times 1000 = 250$  克，即所需要 45 號之乾重量。各重量，以其重量乾燥係數乘之，則得混合時應用油漿之重量。

$$750 \times 2.22 = 1665 \text{ 克 (5 號油漿),}$$

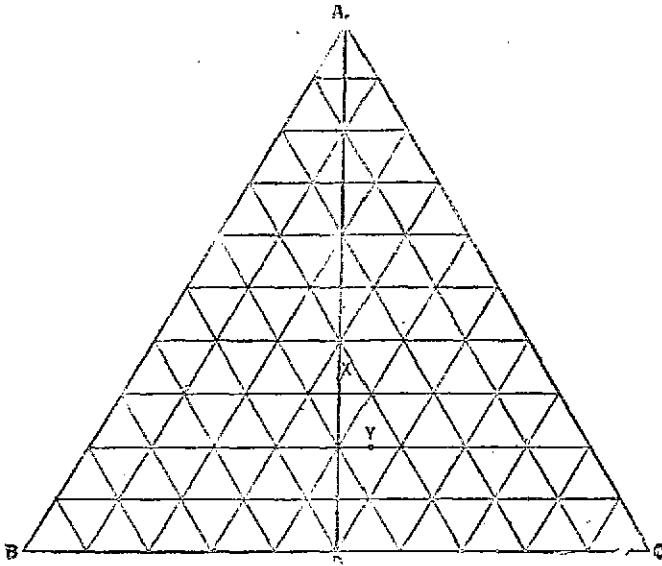
$$250 \times 1.98 = \frac{495 \text{ 克}}{2160} \text{ (45 號油漿),}$$

故油 15 號，為油漿時，須 2160 克；其中方含固體原料 1000 克。其乾燥係數為  $2160 \div 1000 = 2.160$ 。

上述方法，亦可用於混合色油，且其原理，可用於混合任何不溶解原料。

【三軸圖表法】於多數之研究中，須製造三個變數之成分系統圖表，而混合之。此法，根本上與造二個變數成分之系統圖表無異，惟該圖表為一等邊三角形，其各頂端，皆代表一

種原料之百分之百耳。設吾人混合三種原料，而以  $A, B, C$  表之，則下圖表示三原料  $A, B, C$  所能混合而得之一切可能混合物。三角形之每頂端，以字母  $A, B$  或  $C$  記之，表示在頂端



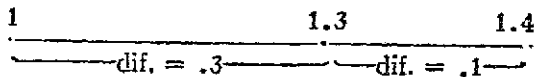
第 二 圖

之原料，為百分之百，三角形之邊，則表示三成分中，二成分之一切混合物。邊  $AB$ ，代表  $A$  與  $B$  而無  $C$  之一切可能混合物，線  $AC$ ，代表  $A$  與  $C$  兩者之一切混合物；而線  $BC$  代表  $B$  與  $C$  兩者之一切混合物；三角形內之面積，代表  $A, B$  與  $C$  之一切可能混合。點  $X$  距三邊皆相等，故代表各成分  $A, B$  與  $C$ ，均為  $33\frac{1}{3}\%$ 。三角形之一邊，與表示任何一成分百分之百之頂端相對者，即示含該成分百分之零。故邊  $AB$ ，代表  $0\%$  之  $C$ ，邊  $AC$  代表  $0\%$  之  $B$ ，而邊  $BC$  代表  $0\%$  之  $A$ 。自代表  $0\%$

線上起，沿垂直線而至表示 100% 之頂點，則該成分之量，逐漸增加；如  $DA$ ，即代表在圖表上之轉移，且自  $D$  至任何點之距離，在線  $DA$  為 100 單位長時，即表示在該點  $A$  之百分率。例如點  $X$ ， $A$  之百分率，以線  $DX$  表之，即  $33\frac{1}{3}\%$ 。自線  $AB$  垂直至  $C$  之距離，在點  $X$  時，亦為  $33\frac{1}{3}\%$ ，而自線  $AC$  垂直至  $B$  點，在  $X$  時，亦為  $33\frac{1}{3}\%$ 。故圖表上任何點之成分，皆可如是測定之；而點  $Y$ ，則代表  $A$  20%， $B$  35%，並  $C$  45%。

此法在混合三種原料時，極其有用。因其包括之範圍均勻，且使吾人信其能包括一切可能之混合。三軸圖解表，對於表示三變成分配合，及所生之性質，亦極有用；且此項性質；常以此更能與其組成相調整。以圖表表示，對於結果之解釋，亦大有資助。

【泥漿之比重】 泥漿之比重，常須變更，其變更之法，亦甚多。應用槓桿關係，或係最簡單之一法。譬如有泥漿，其比重為 1.4，今欲加水使其比重至 1.3。吾人即可應用槓桿關係，將此數值與水之比重 (1) 畫於一直線上。如是，吾人可直接讀得其差數，亦即為應混合泥漿與水之容量比率。



應用槓桿關係，以 1.3 為中心點，以線之長度為槓桿臂，遠端部分之需量，則以自中心點至相反遠端部分之槓桿臂之長度代表之。

比重 1.4 之泥漿 = 容量 0.3 分

比重 1.0 之水 = 容量 0.1 分

如欲泥漿 1000 加倫(比重 1.3)，吾人即應於 750 加倫之

原泥漿中，加入 250 加倫之水。但如吾人欲以重量加入，則應將各容量，以其比重乘之。

下列公式，可用之以代槓桿關係：

$$\text{應加泥漿之比較容量} = \frac{\text{所需泥漿之比重} - 1}{\text{原泥漿比重} - 1}$$

$$\text{水之比較容量} = \frac{\text{原泥漿比重} - \text{所需泥漿之比重}}{\text{原泥漿比重} - 1}$$

普通比重問題之另一例，有如下述：如吾人有二種泥漿；*A* 與 *B*，*A* 之比重為 1.2；而 *B* 之比重為 1.8，吾人今欲混合此二者，使成比重 1.3 之泥漿，問每種各須若干加倫，方足以製成該泥漿 1000 加倫？

A	1.2	1.3	1.8	B	
—		—		—	
dif. = .1		dif. = .5			

從表，知 *B* 容量 0.1 分，須 *A* 容量 0.5 分

$$\begin{aligned} \text{所求泥漿 1000 加倫所需要 } A \text{ 之總容量} &= .5 / .6 \times 1000 \\ &= 833.3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{所求泥漿 1000 加倫所需要 } B \text{ 之總容量} &= .1 / .6 \times 1000 \\ &= 166.7 \end{aligned}$$

### 習 題

(1) 今有泥漿 1000 加倫，其比重為 1.65，欲使其比重為 1.48 時，問應加入水若干加倫？

(2) 今有泥漿二種，其比重一為 1.76，一為 1.37，配製比重 1.50 之泥漿 1000 加倫，問應各用若干加倫？

(3) 設有二種之泥漿，一於乾原料中含長石 18%，一於乾原料中含長石 37%。第一種泥漿之比重為 1.38，第二種者為 1.46。配製含長石 33% 之泥漿 87 公升時，應各用若干公升？

(4) 有泥漿，每一品脫重 28 液體溫司(oz.)，且於 100 磅之泥漿中，加入比重 2.35 之礫石 15 磅。最後之泥漿中，應加水若干加倫，方可使其每品脫重 21 液體溫司？

(5) 如各固體之比重，有如下述，且按照所列比例相加，則每品脫重 28 液體溫司(oz.)之泥漿之配製方，包括水量使成爲 1500 加倫時，應如何？

18 分土之比重.....2.48

10 分長石之比重.....2.60

11 分礫石之比重.....2.65

(6) 如矽酸鈉之貯藏溶液(stock solution)，含矽酸鈉 39.7%，問配製 15% 之溶液 500 公分時，須其重量若干？

(7) 如泥漿中乾燥原料之比重爲 2.13，而其泥漿之比重 1.52，則於 100 加倫之泥漿中，如欲加入碳酸鈉 0.2% (相稱於乾燥原料)；問須加碳酸鈉若干公分？

(8) 泥漿之比重爲 1.85，今欲以 39.7% 之矽酸鈉溶液，加至 200 加倫中，使其中所加入之矽酸鈉爲 0.25%，問矽酸鈉溶液應加入若干？

(9) 今有泥漿，每品脫重 28 液體溫司(oz.)，中含黏土而其比重爲 2.21。問泥漿中之黏土百分率爲何？

(10) 不計黏 10 與 50 之原料配合重量 (見第九章)，且假定二者皆係乾燥者，試計算二種黏之重量須若干，方足混成 (a) 黏 20，(b) 黏 30，與 (c) 黏 40，各 400 公分？

(11) 設黏 10 之原料配合重量爲 380，而黏 50 者爲 450 (見第九章)，試計算此種黏之乾燥重量，須若干方足以混成 500 公分 (a) 黏 20，(b) 黏 30，與 (c) 黏 40？

(12) 設於問題 11 中，黏 10 之重量乾燥係數爲 1.56，而黏 50 者爲 1.32，試計算泥漿之重量各用若干，方足以濕式法混成 (a) 黏 20，(b) 黏 30，與 (c) 黏 40，泥漿各 1000 公分？

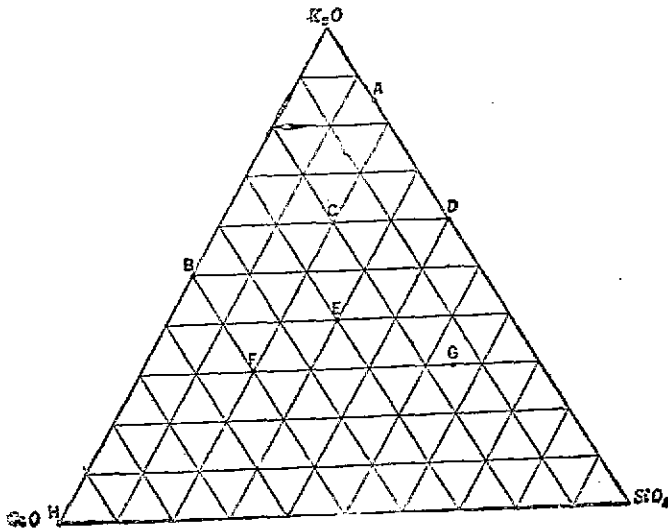
(13) 設於問題 11 中，黏 10 之容量乾燥係數爲 1.50，而黏 50 者爲 1.42，試計算此種黏應加入之 cc. 數若干，方足以混成 500 cc. 之 (a) 黏 20，(b) 黏 30，與 (c) 黏 40？

(14) 今欲用三軸圓表，以混合長石，礫石與黏土。試標示均勻分配之 21 點。

(15) 在三軸圓表上(第 14 題)，試標示下列諸點：

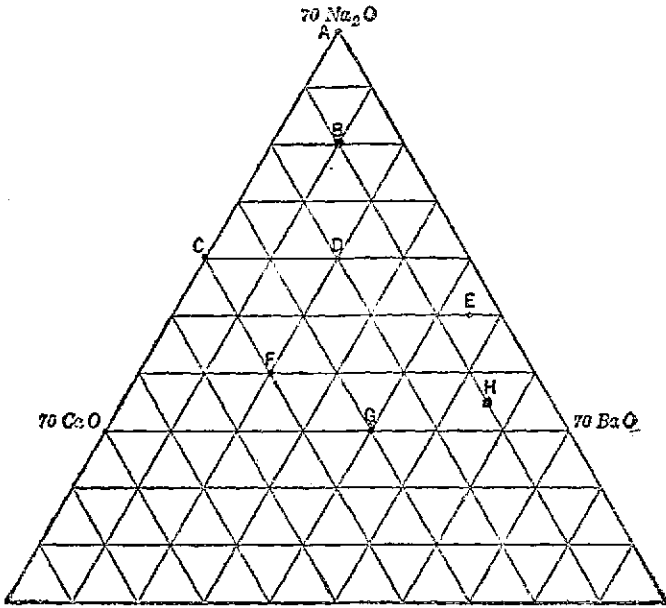
名稱	長石	磁石	黏土
A	32	49	19
B	6	38	56
C	81	77	84
D	17.9	41.6	40.5
E	23	23	23
F	16	54	12
G	40	60	0
H	0	100	0
I	77	9	0

(16) 在下列三軸圖表上, 所標示諸點之百分率組成如何?



第 三 圖

(17) 在下列三軸圖表上, 所標示諸點之百分率組成如何?



第 四 圖

## 第十一章

### 示性分析與鑛物組成之計算

鑛業上之實驗公式，雖為極有用之工具，但不能完全適用於一切之目的。其所指示者，亦僅整個問題中之一部分，而於數種用途中，並非最重要之部分。其優點，曾經討論。著者今將指示其不能適合於一切環境之故。實驗公式，可表示原料內不揮發成分之元素化學組成，但關於生原料之真實狀況，究為何種，則所示極少。某實驗公式之熔融物配製方，如有變動，則於工作性質與熔融物性質，均有極大之影響。於玻璃之製造，實驗公式即因此種限制，不能廣為應用。如鉀以珠灰或正長石加入，二氧化矽以長石或燧石加入，相差甚鉅。實則二氧化矽以玻璃，以矽石，以白矽石，抑以磷石英加入，皆宜深加考究。此不同之二氧化矽鑛物，其化學組成雖相同，但其物理性質，則絕不相同。於磁坯中，實際上一切原料決不能達到平衡狀態，故實驗公式，實大不適當。即於玻璃與釉中，亦不能完全適合。雖然，其用處亦甚大。故無論何處，凡無較好之表示方法，皆將應用之而不能舍棄。因其甚為簡單，而任何表示鑛業上原料或成品有價值之方法，皆必具此性質也。

表示鑛業用原料與成品之法，建議甚多，下述諸段中，將陳述其數種。就化學上與鑛物上觀之，黏土種類至多。故選擇黏土以應某種特別目的，乃極為重要之專。職是之故，應用所謂示性分析，遂因此發達。此法係謀以近似分析 (Proximate



Analysis)測定黏土,長石等之鑛物組成。

黏土從來罕係純粹之鑛物,乃為高嶺土岩(Kaolinite  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ )或與之同類之含水矽酸鋁及其他鑛物所組成。所謂其他鑛物中之較重要者,則為長石,矽石,與雲母。但發見中含少量之方解石,褐鐵鑛,黃鐵鑛,石膏及其他多種鑛物者,亦極常事,每種鑛物,依其性質,含量與集合之狀態,多少影響於黏土之燒成。

示性分析,謀以不同強酸與鹽基之處理,而測定黏土之組成。Mellor氏所用之法,為將黏土以熱濃硫酸蒸餾,並以鹼質物與鹽酸更換洗滌,以分離黏土質及高嶺土以外之含水矽酸鋁。如有磷酸鹽存在,則在用上述手續處理以前,可先用淡鹽酸處理以除去之。矽石中之二氧化矽,可先以熱鹼質物處理分離之。或從其殘滓,以氫氟酸處理以分離之。殘滓中尚可測定其氧化鋁。從分析上,不同種類之鑛物,可得計算。以溶解於硫酸之部分,為黏土質;而不溶解部分,為長石與矽石,如矽石,曾經測定,則其含量可自上述之殘滓中減去。關於近似分析之更詳細方法,可自各種著作中見之。(1)

近似分析之應用,則較簡單;假如自下列配方中,配製坯土:

球狀土 = 27 分	瓷土 = 28 分
燧石 = 29 分	長石 = 15 分

(註1) H. A. Seger, Collected Works, Easton, Pa; 1902, I, p. 50; Binné, Zimmer and Orton, T. A. Cer. Soc., 2, 221 (1900); Mellor, Quantitative Analysis (1913), p. 68; Watts, Bur. Mines Bul., 53, 38 (1915); Washington; The Calculation of the Rational Analysis of Clays, J. Am. Ceram. Soc; I, 405 (1918).

又設原料具下列組成：

- 球狀土 = 黏土質物 90 %
- 長 石 6 %
- 燧 石 4 %
- 瓷 土 = 高嶺土岩 94 %
- 燧 石 6 %
- 長 石 = 長 石 90 %
- 燧 石 10 %

如應加黏土質物 27 磅，而以球狀土加入，則必加  $24 \times 100 / 90 = 30$  磅。

如應加黏土質物或高嶺土 28 磅，而以瓷土加入，則必加  $28 \times 100 / 94 = 29.8$  磅。

所用球狀土，含有長石，而其量為  $30 \times 6 / 100 = 1.8$  磅。此 1.8 磅之長石，應自加入之長石中減去。故加入之長石，應為  $15 - 1.8 = 13.2$  磅。應加之 13.2 磅長石，如以長石加入，須加  $13.2 \times 100 / 90 = 14.7$  磅。

$$\text{球狀黏土中，含 } 30 \times \frac{4}{100} = 1.2 \text{ 磅燧石}$$

$$\text{瓷 土 中 含 } 29.8 \times \frac{6}{100} = 1.8 \text{ 磅燧石}$$

$$\text{長 石 中 含 } 14.7 \times \frac{10}{100} = 1.5 \text{ 磅燧石}$$

$$\text{因雜質而加入之燧石總量} = 4.5 \text{ 磅}$$

故應加之燧石，如以燧石加入應為  $29 - 4.5 = 24.5$  磅。而原料調含量，則將如下述：

- 球狀土.....30 磅
- 瓷 土.....29.8 磅

長石	.....14.7 磅
燧石	.....24.5 磅

示性分析，應用於其他種類之坯體，亦可如是計算之。

因分析上有大錯誤之機會甚多，故雖在利用示性分析之鑄業家中，對於上述手續，是否可靠，亦為大可爭辯之問題。各成分之溶解度，粒子大小對於溶解度之影響，黏土質物成分之不同，及其他原因對於示性分析，皆係重大之阻礙。即運用達於極點，亦不過一種估計而已。此分析，亦有稱之為接近分析者，然稱之為近似分析，似較妥善。雖然，其對於坯之配合，則已有其相當應用之價值矣。

【從元素化學分析計算近似分析之標準法 (Norm Method)】與以不精確之示性分析為根據，而測定其近似組成相類頗者，則有元素化學分析，亦即標準法之根據。

標準法者，乃精密測定各原料之元素化學組成，然後分配各氧化物於各礦物中；該礦物，乃大約存在，或曾經精確證明存在者。標準法雖有時對於所表示之礦物是否存在，尚屬疑問，然偶亦仍用之以表示其組成。該礦物或在平衡狀態時存在，或於玻璃中以固體溶液狀態存在。不顧其科學上之真確與否，此法仍為一種表示組成之法，有時亦極有用。

此標準法者，乃以礦物分子表示化學組成者。此礦物分子可以存在或可假定其存在。在玻璃，釉藥或琺瑯中，其礦物分子，甚至不可假設之存在，但標準法，仍用以為表示之工具。

礦物學家，於研究火成岩及岩漿之凝固與其附帶之結晶，認為其中有一種化學化合之定律，謂之為氧化物相互間之吸引力。矽基性氧化物，認為有吸引(或有化合之趨向)中性與酸性氧化物而成錯酸鹽，矽酸鋁等之能力。凝固之環境，極其重

要，影響於固體之礦物組成甚大。

黏土雖非火成巖，但係其分解物，以上法應用於黏土，間能得重要之消息。黏土之元素化學組成，以氧化物表之，大概為氧化鋁與矽石，及較少量之氧化鐵，氧化鎂，氧化鈣，氧化鉀，氧化鈉，水，二氧化碳，二氧化鈦與極少量之其他氧化物。就礦物上言之，黏土大部分為高嶺土巖( $\text{Al}_2 \cdot \text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )；矽石( $\text{SiO}_2$ )，長石—鉀長石( $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{SiO}_2$ )，鈣長石( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$ )，鈉長石( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2$ )—及白雲母( $\text{K}_2\text{O} \cdot 2 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6 \text{SiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ )。故黏土礦物組成之計算，即以礦物分子，表示黏土之元素化學組成。最簡單之計算法，係將元素分析所列各氧化物之百分率，各以其分子量除之，使其變為分子當量，然後依元素化學分析所得各氧化物之分子當量計算不同礦物之分子當量。

各礦物間氧化物之分配情形，有如下述：

1. 氧化鉀，氧化鈉，氧化鈣與其所需要之氧化鋁與矽石，按序計算為鉀長石，鈉長石與鈣長石。
2. 計算後餘剩之氧化鋁，可為計算高嶺土巖之根據。
3. 如氧化鐵存在，除非曾證明其為他種礦物，則計算為褐鐵礦( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )。
4. 餘剩之二氧化矽，則視為矽石。
5. 高嶺土巖與褐鐵礦計算後，所餘之水量，則計為濕量。

上述之外，或須考慮二氧化碳，氧化鐵與二氧化鈦，如是則上述之程序，應稍有變更。

1. 如知有二氧化碳，則須自鈣長石中減足量之石灰，以平衡之為方解石( $\text{CaCO}_3$ )。

2. 氧化鎂,除非知其為碳酸鎂,則多假定以蛇紋石( $3\text{MgO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )而存在。得依蛇紋石計算之。

3. 鉀長石與高嶺土岩存在時,則不能計算白雲母,但因此所致之錯誤,卻甚少。

4. 二氧化鈦,一般取自褐鐵礦,而以鈦鐵礦( $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot \text{TiO}_2$ )計算之;如有過剩之二氧化鈦,則計算為金紅石( $\text{TiO}_2$ )。

【例】從黏土之化學分析,計算其礦物組成之法,茲說明於次。

氧化物……公式	百分率	分子量	當量
矽石…… $\text{SiO}_2$	64.78 ÷	60.1 =	1.077
氧化鋁…… $\text{Al}_2\text{O}_3$	25.61 ÷	102 =	0.251
氧化鐵…… $\text{Fe}_2\text{O}_3$	0.19 ÷	160 =	0.001
氧化鈣…… $\text{CaO}$	0.22 ÷	56.1 =	0.004
氧化鈉…… $\text{Na}_2\text{O}$	0.23 ÷	62.0 =	0.004
氧化鉀…… $\text{K}_2\text{O}$	0.32 ÷	94.2 =	0.003
水…… $\text{H}_2\text{O}$	8.65 ÷	18.0 =	0.480

依下列之形式,將其排列,分配於不同之礦物間:

礦物組成……	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$
黏土……	1.077	0.251	0.001	0.004	0.004	0.003	0.480
0.003 鉀長石……	0.018	0.003				0.003	
餘數……	1.059	0.248	0.001	0.004	0.004		0.480
0.004 鈉長石……	0.024	0.004			0.004		
餘數……	1.035	0.244	0.001	0.004			
0.004 鈣長石……	0.008	0.004		0.004			
餘數……	1.027	0.240	0.001				0.480
0.240 高嶺土岩……	0.480	0.240					0.480

餘數.....	0.547	.....	0.001				
0.001 赤鐵鏽.....			0.001				
餘數.....	0.547						
0.547 二氧化矽.....	0.547						
餘數.....							

茲綜合之，而變為重量之關係，再變為百分率：

礦物	當量數	當量	重量	百分率
鉀長石.....	0.003 × 557	=	1.67	1.03
鈉長石.....	0.004 × 524	=	2.10	1.30
鈣長石.....	0.004 × 279	=	1.12	0.69
高嶺土.....	0.480 × 258	=	123.84	76.55
赤鐵鏽.....	0.001 × 160	=	0.16	0.10
石英.....	0.547 × 60.1	=	32.90	20.33
總數.....			161.79	100.00

不用當量，雖亦能計算礦物組成，但因上述之順序甚為簡捷，故主張採用之。不用當量之計算法，係先計算氧化鉀對於鉀長石之百分率，然後從鉀長石之含量，再計算鉀長石中氧化鋁與二氧化矽之含量。此氧化鋁與二氧化矽，須從所需要之量中減去之。如此類推，每種礦物皆如是計算。此法中，一切之計算，皆係根據於百分率與分子量。

【標準法之應用於其他原料與合成窯業混合物】 標準法之計算，於窯業中應用甚多；長石常以此為根據而計算之。H. Staley<sup>(2)</sup> 在 1911 年發表之論文中，曾應用標準法於窯業

(註2) H. Staley-Trans. Am. Ceram. Soc., XIII, 203 (1911).

上之種藥與瑛瑯，於是在美國鑛業協會會誌中發表之論文甚多，皆應用或討論此法者。應用此標準法於鑛業成品之鑛物組成，大半未曾深受歡迎。故此標準法，亦僅在有限範圍中，為有價值耳。雖然，其如何應用，與何處有應用之可能，則不可不知，故於此處詳論之也。

標準法計算之大缺點，即可利用之實驗結果，以為計算之根據者，為數有限。材料最豐富來源之一，為美國地質物理學試驗所關於“氧化鈣—氧化鋁—二氧化矽”矽石系統之報告。(3)此外更有多數零碎材料以補助之。惟其中有係有用者，亦有可疑者。多數鑛業品，製造時之環境，變化太多，且極重要；因之實驗結果，多數似甚完全，但細考之，即證明其價值之有限。普通燒製釉藥與瑛瑯，其中常有一部分成分，永不溶解於熔融物中，或混入於矽酸鹽化合物中，惟僅在熔融塊內懸浮耳。

Staley (4) 於其報告中，綜合從許多根據於自然鑛物現象得來之結論，而闡明之於次：

1. 普通成巖氧化物，對於二氧化矽之比較親和力，自最強者始，為氧化鉀，氧化鈉，氧化鈣，氧化鎂，氧化亞鐵，氧化鋁，氧化鐵。
2. 氧化物對於氧化鋁之比較親和力，自最強者始，亦為氧化鉀，氧化鈉，氧化鈣，苦土，氧化亞鐵。氧化鐵不與礬土化合。
3. 於多數情形下，氧化鋁對於其他鹼金屬氧化物之與之共成矽酸鹽化合物者之分子比率，為 1 : 1。

(註 3) G. A. Rankin, F. E. Wright, The Ternary System,  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ , Am. J. Sci., 39, 1 (1915)..

(註 4) 同上。

4. 氧化鋁量少時，可以氧化鐵代之。

5. 上列表中，僅氧化鐵，氧化鋁與二氧化矽鹼氧化物，係獨自結晶。

6. 每鹽基皆自其所能獲得之氧化鋁與二氧化矽中，與最多量之氧化鋁化合，而成最高之矽酸鹽。

7. 所論各元素，對於氧化鋁與二氧化矽之親和力強度，係與其在電壓順序中之位置，成正比例。

鉛與鋅，從其在電壓順序中之位置，與其在矽酸鹽岩漿中之普通性狀，吾人可悉其與氧化鋁將成雙矽酸鹽。如有強鹽基與少量二氧化矽存在時，則可推測鉛與鋅將成正矽酸鹽；實際上在矽酸鹽岩漿中，鉛能如此存在，實有明證也。

依上述原則，熔融物中含  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $CaO$ ,  $PbO$ ,  $ZnO$ ,  $Al_2O_3$  與  $SiO_2$  者，可成下列諸鹽。

二氧化矽含量少時，可成：

白榴石 Leucite .....	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4 SiO_2$
霞石 Nephelite .....	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$
灰長石 Anorthite .....	$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$
偏矽酸鉀 Potassium meta-silicate .....	$K_2O \cdot SiO_2$
偏矽酸鈉 Sodium meta-silicate .....	$Na_2O \cdot SiO_2$
正矽酸鈣 Calcium ortho-silicate .....	$CaO \cdot \frac{1}{2} SiO_2$
正矽酸鋅 Zinc ortho-silicate .....	$ZnO \cdot \frac{1}{2} SiO_2$
正矽酸鉛 Lead ortho-silicate .....	$PbO \cdot \frac{1}{2} SiO_2$

二氧化矽量增加時，上列化合物，將變為較高之矽酸鹽，

如下：

$CaO \cdot \frac{1}{2} SiO_2$	變為	矽灰石 $CaO \cdot SiO_2$
$ZnO \cdot \frac{1}{2} SiO_2$	變為	偏矽酸鋅 $ZnO \cdot SiO_2$



$\text{PbO} \cdot \frac{1}{2}\text{SiO}_2$  變為 偏矽酸鉛  $\text{PbO} \cdot \text{SiO}_2$   
 $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$  變為 正長石  $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$   
 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$  變為 鈉長石  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$

在適當之環境下，謨來石 Mullite ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) 或可存在。釉、玻璃與瑇瑁鑛物組成之計算，根本上與前例說明計算黏土者相同；惟其組成與可能之化合物，有不同而已。以此，計算釉藥鑛物組成之法，此處似無再舉例說明之必要矣。

### 習 題

計算下列黏土之鑛物組成，(a) 鹼金屬氧化物以  $\text{K}_2\text{O}$  計算，與 (b) 鹼金屬氧化物，以  $\text{Na}_2\text{O}$  計算：

組成	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
$\text{SiO}_2$	62.40	62.52	63.17	53.10	47.60	46.61	58.39
$\text{Al}_2\text{O}_3$	26.51	25.57	25.09	33.06	34.00	36.47	27.52
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1.14	0.92	0.64	1.18	1.30	2.81	0.33
$\text{CaO}$	0.57	0.65	0.35	0.38	微量	0.14	0
鹼金屬氧化物	0.98	1.04	0.80	0.83	3.00	1.44	4.29
$\text{H}_2\text{O}$	8.80	9.27	9.70	11.32	13.60	12.83	7.19

## 第十二章

### 玻璃, 釉與琺瑯之物理性質

玻璃, 釉與琺瑯之組成氧化物之物理的性質, 有時幾近乎相加。其意即在大數情形之下, 如吾人知玻璃中各組成氧化物之性質及其含量, 亦即能計算玻璃之性質。此雖對於一切物理的性質, 未必盡然, 但對於最重要之數種, 則殆屬真確。此知識給鑒業家以數字, 可根據以控制化學成分而變更某種玻璃之物理性質。如某種玻璃, 含數種氧化物,  $A, B, C$  等, 而其重量百分比各為  $P_A, P_B, P_C$  等, 各種性質之常數為  $X_A, X_B, X_C$  等, 則下列公式, 可用之以求玻璃之特殊性質:

$$K = P_A X_A + P_B X_B + P_C X_C \dots\dots\dots,$$

其中  $K$ , 代表特殊性質。

最初研究玻璃中此種關係者, 為 Schott 及其在耶拿之同事等; 並且自是時始, 此關係已加推廣而更精細。曾有企圖計算玻璃之一切物理的性質, 而獲得多少成功者。下列公式, 指示性質之普通與較符合之計算, 應如何完成, 第十四章之表, 為常用之常數。

密度 於計算玻璃時, 其性質係加成者, 為比密度 (密度之倒數), 且其結果頗屬可靠。Schott 氏<sup>(1)</sup>關於密度之公式為

---

(註 1) Jena Glass, Hovestadt, translated by J. D. and A. Everett London, 1902.

$$\frac{100}{D} = \frac{p_1}{d_1} + \frac{p_2}{d_2} + \frac{p_3}{d_3} \dots \dots \dots,$$

其中,  $D$  = 玻璃之密度

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$d$  = 所用氧化物之密度(從玻璃計算),

抗張強度 Winkelmar 氏<sup>(2)</sup> 以下列公式, 計算玻璃之抗張強度, 成效甚好。其法係按下列公式行之:

$$T = p_1 t_1 + p_2 t_2 + p_3 t_3 \dots \dots \dots,$$

其中,  $T$  = 玻璃之抗張強度,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$t$  = 所用氧化物之常數,

韌度 Clark 與 Turner 氏,<sup>(3)</sup> 以下列公式測定鈉鈣玻璃之楊氏變數:

$$E = p_1 e_1 + p_2 e_2 + p_3 e_3 \dots \dots \dots,$$

其中,  $E$  = 玻璃之楊氏變數,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$e$  = 所用氧化物之常數,

硬度 硬度不如其他性質易於測定, 然下述者, 係 Anerbach 氏<sup>(4)</sup> 所用之公式:

$$H = p_1 h_1 + p_2 h_2 + p_3 h_3 \dots \dots \dots,$$

其中,  $H$  = 玻璃之硬度,

$p$  = 存在氧化物之百分率;

(註 2) Jena Glass.

(註 3) Clark and Turner, J. Soc. Glass Tech., III, 260 (1919).

(註 4) Haeckin and Cousen, Textbook of Glass Technology, D. Van Nostrand (1925).

$h$  = 所用氧化物之常數,

**比熱** 比熱可用下述方法計算之。(5)

$$S = p_1s_1 + p_2s_2 + p_3s_3 \cdots \cdots \cdots,$$

其中,  $S$  = 玻璃之比熱,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$s$  = 所用氧化物之常數。

**熱傳導率** Paalhorn(6)曾定多數因子, 以計算熱傳導率:

$C$  = 玻璃之傳導性,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$e$  = 所用氧化物之常數。

**熱膨脹** 體積熱膨脹, 可以下述 Winkelman 與 Schott(7) 二氏之公式測定之:

$$TE = p_1E_1 + p_2E_2 + p_3E_3 \cdots \cdots \cdots,$$

其中,  $TE$  = 玻璃之熱膨脹,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$E$  = 所用氧化物之常數。

**抗壓強度** Winkelman 與 Schott(8) 氏計算玻璃抗壓碎強度如下:

$$CS = p_1cs_1 + p_2cs_2 + p_3cs_3$$

其中,  $CS$  = 玻璃之抗壓強度,

$p$  = 存在氧化物之百分率,

$cs$  = 所用氧化物之常數。

(註5) Hodkin and Cousen, Textbook of Glass Technology, D. Van Nostrand (1925).

(註6) Paalhorn and Focke, Jena Glass, p. 212.

(註7) Jena Glass.

(註8) Jena Glass.

此種因數，對於玻璃之商討，特別有價值；而釉與琺瑯，既與玻璃如是相近，自亦可視為玻璃，而受上述概論之限制。熱膨脹計算，對於金屬琺瑯之應用，極為重要。

### 習 題

(1) 應用 Winkelman 與 Schott 二氏之係數，計算下列玻璃之熱膨脹係數(參考附表中係數)。

組 成	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
SiO <sub>2</sub>	73.18	77.09	75.38	54.3	54.8	69.72	64.55	68.39	64.94
Na <sub>2</sub> O	19.38	16.05	6.14	3.0	6.0	19.49	15.55	18.92	14.98
K <sub>2</sub> O	.....	.....	1.38	8.0	11.5	.....	.....	.....	.....
CaO	6.26	0.68	8.40	.....	.....	.....	.....	0.12	.....
MgO	0.21	6.10	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
BaO	.....	.....	.....	.....	.....	11.07	.....	.....	19.38
PbO	.....	.....	.....	33.0	25.0	.....	19.11	.....	.....
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.58	.....	0.65	.....	2.5	0.51	0.42	1.01	0.87
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	.....	.....	2.05	1.5	.....	.....	.....	11.34	.....
Fe <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	0.61	.....	0.07	.....	.....	0.68	0.16	0.09	0.07

(2) 應用 Mayor 與 Hayas 氏係數，計算下列玻璃之膨脹係數。

組 成	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Na <sub>2</sub> O	5.0	15.0	15.0	15.0	15.0	5.0	15.0	5.0	5.0	15.0
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.0	5.0	15.0	15.0	5.0	5.0	5.0	15.0	5.0	15.0
CaF <sub>2</sub>	10.0	.....	.....	.....	10.0	10.0	.....	10.0	10.0	.....

PtO	10.0	10.0	.....	.....	.....	10.0	.....	.....	10.0	10.0
ZnO	.....	10.0	.....	10.0	.....	10.0	10.0	10.0	10.0	
SiO <sub>2</sub>	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5	58.5
MnO <sub>2</sub>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CoO	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Na <sub>3</sub> AlF <sub>6</sub>	.....	.....	10.0	.....	10.0	.....	10.0	.....	10.0	

## 第十三章

### 表面係數與篩分析

在鑿業之控制中，篩分析爲一極重要之因子，因原料粒子之大小，與其性質及其成品之性質，均有極大之關係也。原料粒子大小測定之法甚多，苟非粒子極微細時，則篩之應用，最爲普通，一般亦最滿意。美國標準局與美國重要之工業會社，商會，以及篩之製造與應用者，曾決定一標準尺度。此標準局尺度，曾經美國鑿業協會之採用；見第 197 頁附表。依此尺度，每篩以一數字指明之，而此數字，即表示每線吋之網眼數。吾人深知，只表示每線吋若干網眼，尙不準確，因網眼間線之粗細，如不一律，則篩眼之大小，亦將有差異。標準尺度上眼之大小，亦記於表中詳後，且此數值，乃根據一定之數學關係而得。篩中網眼大小，與其較大網眼者之比例，爲 1 與  $\sqrt{2}$ ，或 1 與 1.1892 之比。18 號篩作爲根據，其網眼爲 1, m m。因其大小，係依  $\sqrt{2}$  或 1:1.1892 之比例；故其次較大之 17 號篩，網眼寬爲 1.1892 m m。表中並標明線之粗細，及其錯誤容許之範圍；至線則可以黃銅，鐵或布製成之。

因記憶各篩規定之不易，故標以號數，如已說明者。報告篩試驗時，只須註明其號數，因其即可表示某一定之篩也。此處介紹應用美國標準局之尺度於一切篩試驗。

篩分析之報告，應如下述：

試驗原料	長石第 1 號
篩號數	%
30	0.38
45	3.92
70	10.32
120	15.60
200	18.10
325	20.00
	通過 31.68
	總數 100.00

上所列者，並未包括一切之篩。但此為普通之習慣；惟照此辦法，則須依一定之計劃，選擇依次大小不同之篩，如每隔二篩或四篩而選擇之。上列者，乃每四篩取其一，其結果表示在每篩與通過最後篩之百分率。

### 表面係數

如上述之篩分析報告，僅予我等以有價值之消息，而不能告知吾人以全部之事實，因在腦中評判整個消息表，亦甚為不易也。若能將上述消息，以一數字表示之，使一轉瞬間，腦中即能接受，則其價值必更大。原料之化學與物理作用，多在其表面發生；精密言之，多在其接觸之表面。J. W. Mellor 氏，曾以下例表明粒子大小，與其顯露表面與接觸點之重要關係。設吾人有圓形粒子 1 公分，而其直徑為 1 mm 者，則吾人共有粒子 720 粒；然吾人如有圓形粒子 1 公分，而其直徑為 0.0009 mm 者，則吾人可共有粒子 720, 000, 000, 000, 000 粒。1 mm 直徑粒子 720 個之接觸點數目，為 2160，而直徑小者



之接觸點數目，為 2,160,000,000,000,000。此證明質量不變，粒子大小減低時，則其接觸點大加。故粒子大小減低時，對於粒子原料之物理與化學作用，有甚重要之影響也。

墨氏(Mellor)之標準表面係數，係根據此假說，即粒子為球狀者。此雖未必常確，仍於大多數情形下，尚近真實。因吾人既缺乏真實之消息，則此假設亦屬近似。

篩分析時，一部分粒子之大小，介於某種範圍之間。此粒子之平均大小，必先計算得之；而此數學的平均數，即可假定為真平均數。然後粒子之平均體積，可如下述公式，以平均直徑計算之：

$$V = \frac{1}{6} \pi d^3,$$

其中， $V$  = 體積； $\pi = 3.1416$ ； $d$  = 直徑。

第二步，則須測定粒子之重量，此則須知原料之比重。下列公式，即代表其重量：

$$W = \frac{1}{6} S \pi d^3,$$

其中， $W$  = 重量； $S$  = 比重。

如該部分之總量，以一粒子之重量除之，則粒子之數目， $N$ ，必能求得。假設該成分之重量為 1，則

$$N = \frac{6W}{S\pi d^3},$$

一粒子之表面，可以  $\pi d^2$  表示之；故原料之總表面為：

$$\text{總表面} = \frac{6W}{\pi S d^3} \pi d^2,$$

簡單之，

$$\text{總表面} = \frac{6W}{Sd},$$

吾人如有原料數部分，以  $W_1, W_2, W_3, \dots$  表示之，且其直徑各為  $d_1, d_2, d_3, \dots$ ，則總面積可表示之如下：

$$\text{總表面(數部分)} = \frac{6}{S} \left( \frac{W_1}{d_1} + \frac{W_2}{d_2} + \frac{W_3}{d_3} + \dots \right),$$

標準表面係數，係以此公式計算之，其中  $W_1 + W_2 + W_3 + \dots = 1$ 。換言之，標準表面係數者，乃原料 1 公分所表露之表面，而以平方厘米表示者。

【例】某熔塊粉碎，篩別平均後，有下列之性質：

(d)	(%)	(W)
0.0038 mm	40	0.40
0.0312 mm	35	0.35
0.0981 mm	25	0.25

比重 = 2.11

計算其標準表面係數，

$$\begin{aligned} SSF &= \frac{6}{S} \left( \frac{W_1}{d_1} + \frac{W_2}{d_2} + \frac{W_3}{d_3} + \dots \right), \\ &= \frac{6}{2.11} \left( \frac{.40}{.0038} + \frac{.35}{.0312} + \frac{.25}{.0918} + \dots \right), \\ &= 2.84 (105 + 11 + 3), \\ &= 2.84 (119), \\ &= 338 \text{ (答數)}. \end{aligned}$$

【某部分之平均直徑】精細粒子之平均直徑，至今尚無以試驗測定者。因之吾人只有傾全力以數學推論，以得其值。同時吾人必須假定粒子為圓形，更須假定此部分內，不同大小粒子之數目亦一致。任何種之精細度測定，吾人必集某範圍內

大小之粒子爲一組，而此範圍愈接近，則錯誤亦愈少。故原料之性質，與細磨之方法，皆爲重要之點；因其影響於形狀與均勻也。

平均直徑之計算，有如下述：(1)

設  $d$  與  $d_s$  表示最大與最小粒子之直徑，而  $x$  表示任何粒子之直徑， $N$  表示該部分粒子之數目。更設  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$  表示一切粒子之體積。則粒子之平均體積爲：

$$\frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n}{n} \dots \dots \dots (1)$$

今吾人如以  $N$  粒子除  $d - d_s$ ，則得

$$\frac{d - d_s}{n} = d_c,$$

其中  $d_c =$  極小量。

$$\text{如是則 } n = \frac{d - d_s}{d_c}.$$

如將  $n$  代入 (1)，則粒子之平均體積等於

$$\frac{(V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n)}{d - d_s} \cdot d_c$$

但球體之體積，爲直徑之函數：

$$V = \int (x) = \frac{1}{6} \pi x^3,$$

故粒子之平均體積爲：

$$\frac{\left( \frac{1}{6} \pi D_1^3 + \frac{1}{6} \pi D_2^3 + \frac{1}{6} \pi D_3^3 + \dots + \frac{1}{6} \pi D_n^3 \right) d_c}{d - d_s},$$

(註 1) J. W. Mellor 之法 trans Eng. cer Soc IX 94 (1910)

其中,  $D_1, D_2, D_3$  與  $D_n$ , 為各體積  $V_1, V_2, V_3$  與  $V_n$  之直徑。依積分法,

$$\text{平均體積} = \frac{\pi}{6(d-d_s)} \int_{d_s}^d D^3 dx,$$

解之:

$$\text{平均體積} = \frac{\pi}{24} \left( \frac{d^4 - d_s^4}{d - d_s} \right).$$

因用任何直徑  $d$ , 其體積  $V = \frac{1}{6} \pi d^3$ , 故吾人得

$$\text{平均直徑} = \sqrt[3]{\frac{d^4 - d_s^4}{4(d - d_s)}} \text{ 或 } \sqrt[3]{\frac{(d + d_s)(d^2 - d_s^2)}{4}}.$$

【例】計算下列部分之平均直徑, 其直徑之範圍為 0.058 至 0.015 mm。代入上式中,

$$\begin{aligned} \text{平均直徑} &= \sqrt[3]{\frac{(0.058 + 0.015)(0.058^2 + 0.015^2)}{4}}, \\ &= \sqrt[3]{\frac{0.073(0.00336 + 0.000225)}{4}}, \\ &= \sqrt[3]{\frac{0.073 \times 0.003585}{4}}, \\ &= \sqrt[3]{\frac{0.000262}{4}}, \\ &= \sqrt[3]{0.000065} \end{aligned}$$

### 習 題

(1) 計算下列之標準表面係數:

比重 = 2.65

(a)		(b)		(c)	
直徑	%	直徑	%	直徑	%
0.0176	12.05	0.1778	0.19	2.01	38.60
0.0134	7.40	0.1144	0.90	0.566	7.08
0.0100	1.65	0.0276	4.43	0.178	0.65
0.0032	10.90	0.0217	1.69	0.114	5.80
0.0013	68.00	0.0208	3.60	0.0315	11.85
		0.0073	32.30	0.0210	5.78
		0.0046	56.80	0.0112	7.94
				0.0370	5.70
				0.0044	17.15

(2) 計算下列之標準表面係數:

比重 = 2.34

(a)		(b)		(c)	
直徑	%	直徑	%	直徑	%
2.00	14.50	0.5360	0.90	0.566	0.095
0.566	14.40	0.178	0.66	0.178	0.030
0.178	2.12	0.114	4.20	0.114	0.065
0.1144	3.91	0.0325	2.62	0.0231	0.150
0.0280	10.88	0.0228	2.94	0.0122	0.200
0.0187	5.60	0.0121	10.50	0.0093	0.300
0.0111	10.95	0.0082	14.13	0.0016	0.550
0.0077	16.90	0.0012	64.40	0.0042	98.550
0.0053	20.70				

(3) 計算下列各個之平均直徑:

標準篩部分

(a)	10 至 12	(d)	100 至 120
(b)	20 至 30	(e)	200 至 230
(c)	40 至 50	(f)	18 至 20

# 附 錄

## 原 子 量 表

J. Am. Chem. Soc. 49, 3 (1927)

元素	英 名	符 號	原 子 量	元素	英 名	符 號	原 子 量
鋁	Aluminum	Al	26.97	錳	Manganese	Mn	54.93
銻	Antimony	Sb	121.77	汞	Mercury	Hg	200.61
氬	Argon	A (Ar)	39.91	鉬	Molybdenum	Mo	96.0
砷	Arsenic	As	74.96	釷	Neodymium	Nd	144.27
鋇	Barium	Ba	137.37	氖	Neon	Ne	20.2
鈹	Beryllium	Be	9.2	鎳	Nickel	Ni	58.69
鈾	Bismuth	Bi	209.00	氮	Nitrogen	N	14.008
硼	Boron	B	10.82	銻	Osmium	Os	190.8
鉍	Bromine	Br	79.916	氧	Oxygen	O	16.000
鎘	Cadmium	Cd	112.41	鈳	Palladium	Pd	106.7
鐳	Caesium	Cs	132.81	磷	Phosphorus	P	31.027
鈣	Calcium	Ca	40.07	鉑	Platinum	Pt	195.23
碳	Carbon	C	12.000	鉀	Potassium	K	39.096
鈰	Cerium	Ce	140.25	鉀	Praseodymium	Pr	140.92
氯	Chlorine	Cl	35.457	鐳	Radium	Ra	225.95
鉻	Chromium	Cr	52.01	釷	Radon	Rn	222
鈷	Cobalt	Co	58.94	銻	Rhodium	Rh	102.91
鈷	Columbium	Cb	93.1	銻	Rubidium	Rb	85.44
鈷	Niobium	Nb	93.1	銻	Ruthenium	Ru	101.7
銅	Copper	Cu	63.57	銻	Samarium	Sm	150.43
鐳	Dysprosium	Dy	162.52	銻	Scandium	Sc	45.10
銻	Erbium	Er	167.7	銻	Selenium	Se	79.2
銻	Europium	Eu	152.0	銻	Silicon	Si	28.06
銻	Fluorine	F	19.00	銻	Silver	Ag	107.880
銻	Gadolinium	Gd	157.26	銻	Sodium	Na	22.997
銻	Gallium	Ga	69.72	銻	Strontium	Sr	87.63
銻	Germanium	Ge	72.60	銻	Sulphur	S	32.064
銻	Gold	Au	197.2	銻	Tantalum	Ta	181.5
銻	Hafnium (Celtium)	Hf	178.6	銻	Tellurium	Te	127.5
銻	Helium	He	4.00	銻	Terbium	Tb	159.2
銻	Holmium	Ho	163.4	銻	Thallium	Tl	204.39
銻	Hydrogen	H	1.008	銻	Thorium	Th	232.15
銻	Illinium	Il		銻	Thulium	Tm	169.4
銻	Indium	In	114.8	銻	Tin	Sn	118.70
銻	Iodine	I	126.932	銻	Titanium	Ti	48.1
銻	Iridium	Ir	193.1	銻	Uranium	U	238.11
銻	Iron	Fe	55.84	銻	Vanadium	V	50.95
銻	Krypton	Kr	82.9	銻	Vanadium	V	50.95
銻	Lanthanum	La	138.90	銻	Wangsten	W	184.0
銻	Lead	Pb	207.20	銻	Xenon	Xe	130.2
銻	Lithium	Li	6.940	銻	Ytterbium	Yb	173.6
銻	Lutecium	Lu	175.0	銻	Yttrium	Y	88.9
銻	Magnesium	Mg	24.32	銻	Zinc	Zn	65.38
				銻	Zirconium	Zr	91

## 三角錐之軟化點及其溫度距離

(在空氣中加熱)

每小時加熱速度 三角錐號數	20°C	150°C	2)°C	150°C	20°C	150°C
	軟化點 °C	軟化點 °C	彎曲距離 °C	彎曲距離 °C	三角錐距離 °C	三角錐距離 °C
022	585	605	45	55	10°	10°
021	595	615	45	45	30	35
020	625	650	30	25	5	10
019	630	660	30	20	40	60
018	670	723	30	30	50	50
017	720	770	30	30	15	25
016	735	795	35	55	35	10
015	770	805	30	45	25	25
014	795	830	45	40	30	30
013	825	860	45	50	15	15
012	840	875	50	85	35	30
011	875	905	65	65	15	10
010	890	895	30	25	40	35
09	930	930	35	40	15	20
03	945	950	55	60	30	40
07	975	990	35	50	30	25
06	1005	1015	25	35	25	25
05	1033	1040	30	30	20	20
04	1050	1060	40	40	30	55
03	1060	1115	40	35	15	10
02	1095	1125	35	35	15	20
01	1110	1145	50	45	15	15
1	1125	1160	30	45	10	5
2	1135	1165	30	40	20	20
3	1145	1170	30	40	20	20
4	1165	1190	40	35	15	15
5	1180	1205	40	50	10	25
6	1190	1230	40	35	20	20
7	1210	1250	40	60	15	10
8	1225	1260	45	55	25	25
9	1250	1265	65	115	10	20
10	1260	1305	40	95	25	20
11	1275	1325	70	80	25	10
12	1310	1335	80	45	40	15
13	1350	1350	70	55	40	50
14	1380	1400	100	70	20	35
15	1410	1435	85	115	40	30

## 三角錐之軟化點及其溫度距離(續前)

(在空氣中加熱)

每小時加熱速度 三角錐號數	20°C 軟化點	150°C 軟化點	20°C 彎曲距離	150°C 彎曲距離	20°C 三角錐距離	150°C 三角錐距離	
16	1450	1465	70	125	15	10	
17	1465	1475	50—75?	125	20	15	
18	1485	1490	90	85	30	30	
19	1515	1520	100	70	5	10	
20	1520	1530	.....	60	.....	50	
23	於 錐 式 爐 中 加 熱 速 度 每 小 時 200 C.	1580	自 錐 23 至 38 每 小 時 加 熱 100 C.	30	.....	15	
26		1595		10	.....	10	
27		1605		15	.....	10	
28		1615		10	.....	25	
29		1640		30	.....	10	
30		1650		25	.....	30	
31		1680		25	.....	20	
32		1700		30	.....	45	
33		1745		15	.....	15	
34		1755		1760	15	.....	25
35		1775		1785	15	.....	25
36		1810		1810	25	.....	10
37		1830		1820	5	.....	15
38		1850		1835	15	.....	
39	1865						
40	1885						
41	1970						
42	2015						

上表中之溫度，為曾在標準與可重複產生之狀態中(在乾淨空氣中並受控制之加熱速度)測定之者，得應用於在窯中受熱之三角錐，且窯中氣體通常為氧化並無硫之氧化物者。如三角錐因暴露於含氧不足之窯中氣體，而顯一可見之表面堅硬時，則須增加改正。此表面作用，最常發現於錐 015 至 01。如窯中因用含硫量較多之燃料燒成，或因物品發散二氧化硫時，則軟化點或與表中所列者大為不同。

Fairchild and Peters, Jour. Am. Ceram. Soc. Vol. 9, No. 11,  
November, 1926.



對數表

對數可俟普通方法,在此表中求得。雖然,欲求含四位數字之對數時,則須以最末九縱行之中之數字加入之。故 3933 之對數為 3.6001。398 之定值部為 0.5999; 置於同橫線上,於縱行冠以 2 之下,有數字 "2", 以之加入,使得 3982 之定值部。

對數

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
10	6907	0043	0936	0126	0170	0212	0253	0294	0334	0374	4 8 12	17 21 25	29 33 37
11	9414	3453	3492	3531	0569	0607	0645	0682	0719	0755	4 8 11	15 19 23	26 30 34
12	0792	0823	0854	0890	0934	0969	1004	1038	1072	1106	3 7 10	14 17 21	24 28 31
13	1139	1173	1206	1237	1271	1303	1335	1367	1399	1430	3 6 10	13 16 19	23 26 29
14	1461	1492	1523	1553	1584	1614	1644	1673	1703	1732	3 6 9	12 15 18	21 24 27
15	1761	1790	1818	1847	1875	1903	1931	1959	1987	2014	3 6 8	11 14 17	20 22 25
16	2041	2068	2095	2122	2148	2175	2201	2227	2253	2279	3 5 8	11 13 16	18 21 24
17	2304	2330	2355	2380	2405	2430	2455	2480	2504	2529	2 5 7	10 12 15	17 20 22
18	2553	2577	2601	2625	2649	2672	2695	2718	2742	2765	2 5 7	9 12 14	16 19 21
19	2788	2810	2833	2856	2878	2900	2923	2945	2967	2989	2 4 7	9 11 13	16 18 20
20	3016	3032	3054	3075	3096	3118	3139	3160	3181	3201	2 4 6	8 11 13	15 17 19
21	3222	3243	3263	3284	3304	3324	3345	3365	3385	3404	2 4 6	8 10 12	14 16 18
22	3424	3444	3464	3483	3502	3522	3541	3560	3579	3598	2 4 6	8 10 12	14 15 17
23	3617	3636	3655	3674	3692	3711	3729	3747	3766	3784	2 4 6	7 9 11	13 15 17
24	3802	3820	3838	3856	3874	3892	3909	3927	3945	3962	2 4 5	7 9 11	12 14 16
25	3979	3997	4014	4031	4048	4065	4082	4099	4116	4133	2 3 5	7 9 10	12 14 15
26	4150	4166	4183	4200	4216	4232	4249	4265	4281	4298	2 3 5	7 8 10	11 13 15
27	4314	4330	4345	4362	4378	4395	4409	4425	4440	4456	2 3 5	6 8 9	11 13 14
28	4472	4487	4502	4518	4533	4548	4564	4579	4594	4609	2 3 5	6 8 9	11 12 14
29	4624	4639	4654	4669	4683	4698	4713	4728	4742	4757	1 3 4	6 7 9	10 12 13
30	4771	4785	4800	4814	4829	4843	4857	4871	4886	4900	1 3 4	6 7 9	10 11 13
31	4914	4928	4942	4955	4969	4983	4997	5011	5024	5038	1 3 4	6 7 8	10 11 12
32	5051	5065	5079	5092	5105	5119	5132	5145	5159	5172	1 3 4	5 7 8	9 11 12
33	5185	5198	5211	5224	5237	5250	5263	5276	5289	5302	1 3 4	5 6 8	9 10 12
34	5315	5328	5340	5353	5366	5378	5391	5403	5416	5428	1 3 4	5 6 8	9 10 11
35	5441	5453	5465	5478	5490	5502	5514	5527	5539	5551	1 2 4	5 6 7	9 10 11
36	5563	5575	5587	5599	5611	5623	5635	5647	5658	5670	1 2 4	5 6 7	8 10 11
37	5682	5694	5705	5717	5729	5740	5752	5763	5775	5786	1 2 3	5 6 7	8 9 10
38	5798	5809	5821	5832	5843	5854	5866	5877	5888	5899	1 2 3	5 6 7	8 9 10
39	5911	5922	5933	5944	5955	5966	5977	5988	5999	6010	1 2 3	4 5 7	8 9 10
40	6021	6031	6042	6053	6064	6075	6085	6096	6107	6117	1 2 3	4 5 6	8 9 10
41	6128	6138	6149	6160	6170	6180	6191	6201	6212	6222	1 2 3	4 5 6	7 8 9
42	6232	6243	6253	6263	6274	6284	6294	6304	6314	6325	1 2 3	4 5 6	7 8 9
43	6335	6345	6355	6365	6375	6385	6395	6405	6415	6425	1 2 3	4 5 6	7 8 9
44	6435	6445	6454	6464	6474	6484	6493	6503	6513	6522	1 2 3	4 5 6	7 8 9
45	6532	6542	6551	6561	6571	6580	6590	6599	6609	6618	1 2 3	4 5 6	7 8 9
46	6628	6637	6646	6656	6665	6675	6685	6693	6702	6712	1 2 3	4 5 6	7 8 9
47	6721	6730	6739	6749	6758	6767	6776	6785	6794	6803	1 2 3	4 5 6	7 8 9
48	6812	6821	6830	6839	6848	6857	6866	6875	6884	6893	1 2 3	4 4 5	6 7 8
49	6901	6911	6920	6929	6937	6946	6955	6964	6972	6981	1 2 3	4 4 5	6 7 8

對 數 表

對 數

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1 2 3	4 5 6	7 8 9
50	6990	6998	7007	7016	7024	7033	7042	7050	7059	7057	1 2 3	3 4 5	6 7 8
51	7076	7084	7093	7101	7110	7118	7126	7135	7143	7152	1 2 3	3 4 5	6 7 8
52	7169	7177	7185	7193	7202	7210	7218	7226	7235	7243	1 2 2	3 4 5	6 7 7
53	7243	7251	7259	7267	7275	7284	7292	7300	7308	7316	1 2 2	3 4 5	6 6 7
54	7324	7332	7340	7348	7356	7364	7372	7380	7388	7396	1 2 2	3 4 5	6 6 7
55	7404	7412	7419	7427	7435	7443	7451	7459	7465	7474	1 2 2	3 4 5	5 6 7
56	7482	7490	7497	7505	7513	7520	7528	7536	7543	7551	1 2 2	3 4 4	5 6 7
57	7559	7566	7574	7582	7589	7597	7604	7612	7619	7627	1 2 2	3 4 4	5 6 7
58	7634	7642	7649	7657	7664	7672	7679	7686	7694	7701	1 1 2	3 4 4	5 6 7
59	7709	7716	7723	7731	7738	7745	7752	7760	7767	7774	1 1 2	3 4 4	5 6 7
60	7782	7789	7795	7803	7810	7818	7825	7832	7839	7846	1 1 2	3 4 4	5 6 6
61	7853	7860	7868	7875	7882	7889	7896	7903	7910	7917	1 1 2	3 4 4	5 6 6
62	7924	7931	7938	7945	7952	7959	7966	7973	7980	7987	1 1 2	3 3 4	5 6 6
63	7993	8000	8007	8014	8021	8028	8035	8041	8048	8055	1 1 2	3 3 4	5 5 6
64	8062	8069	8075	8082	8089	8096	8102	8109	8116	8122	1 1 2	3 3 4	5 5 6
65	8129	8136	8142	8149	8156	8162	8169	8176	8182	8189	1 1 2	3 3 4	5 5 6
66	8195	8202	8209	8215	8222	8228	8235	8241	8248	8254	1 1 2	3 3 4	5 5 6
67	8261	8267	8274	8280	8287	8293	8299	8305	8312	8319	1 1 2	3 3 4	4 5 6
68	8325	8331	8338	8344	8351	8357	8363	8370	8376	8382	1 1 2	3 3 4	4 5 6
69	8388	8395	8401	8407	8414	8420	8426	8432	8439	8445	1 1 2	2 3 4	4 5 6
70	8451	8457	8463	8470	8476	8482	8488	8494	8500	8506	1 1 2	2 3 4	4 5 6
71	8513	8519	8525	8531	8537	8543	8549	8555	8561	8567	1 1 2	2 3 4	4 5 6
72	8573	8579	8585	8591	8597	8603	8609	8615	8621	8627	1 1 2	2 3 4	4 5 6
73	8633	8639	8645	8651	8657	8663	8669	8675	8681	8686	1 1 2	2 3 4	4 5 6
74	8692	8698	8704	8710	8716	8722	8727	8733	8739	8745	1 1 2	2 3 4	4 5 6
75	8751	8756	8762	8768	8774	8779	8785	8791	8797	8802	1 1 2	2 3 3	4 5 6
76	8808	8814	8820	8825	8831	8837	8842	8848	8854	8859	1 1 2	2 3 3	4 5 6
77	8865	8871	8876	8882	8887	8893	8899	8904	8910	8915	1 1 2	2 3 3	4 5 6
78	8921	8927	8932	8938	8943	8949	8954	8960	8965	8971	1 1 2	2 3 3	4 5 6
79	8976	8982	8987	8993	8998	9004	9009	9015	9020	9025	1 1 2	2 3 3	4 5 6
80	9031	9036	9042	9047	9053	9058	9063	9069	9074	9079	1 1 2	2 3 3	4 5 6
81	9085	9090	9096	9101	9106	9112	9117	9122	9128	9133	1 1 2	2 3 3	4 5 6
82	9139	9143	9149	9154	9159	9165	9170	9175	9180	9186	1 1 2	2 3 3	4 5 6
83	9191	9196	9201	9205	9212	9217	9222	9227	9232	9238	1 1 2	2 3 3	4 5 6
84	9243	9248	9253	9258	9263	9269	9274	9279	9284	9289	1 1 2	2 3 3	4 5 6
85	9294	9299	9304	9309	9315	9320	9325	9330	9335	9340	1 1 2	2 3 3	4 5 6
86	9345	9350	9355	9360	9365	9370	9375	9380	9385	9390	1 1 2	2 3 3	4 5 6
87	9395	9400	9405	9410	9415	9420	9425	9430	9435	9440	0 1 1	2 2 3	3 4 5
88	9445	9450	9455	9460	9465	9469	9474	9479	9484	9489	0 1 1	2 2 3	3 4 5
89	9494	9499	9504	9509	9513	9518	9523	9528	9533	9538	0 1 1	2 2 3	3 4 5
90	9542	9547	9552	9557	9562	9566	9571	9576	9581	9586	0 1 1	2 2 3	3 4 5
91	9590	9595	9600	9605	9609	9614	9619	9624	9628	9633	0 1 1	2 2 3	3 4 5
92	9638	9643	9647	9652	9657	9661	9666	9671	9675	9680	0 1 1	2 2 3	3 4 5
93	9685	9689	9694	9699	9703	9708	9713	9717	9722	9727	0 1 1	2 2 3	3 4 5
94	9731	9736	9741	9745	9750	9754	9759	9763	9768	9773	0 1 1	2 2 3	3 4 5
95	9777	9782	9786	9791	9795	9800	9805	9809	9814	9818	0 1 1	2 2 3	3 4 5
96	9823	9827	9832	9836	9841	9845	9850	9854	9859	9863	0 1 1	2 2 3	3 4 5
97	9868	9872	9877	9881	9886	9890	9894	9899	9903	9908	0 1 1	2 2 3	3 4 5
98	9912	9917	9921	9925	9929	9934	9939	9943	9948	9952	0 1 1	2 2 3	3 4 5
99	9956	9961	9965	9969	9974	9978	9983	9987	9991	9996	0 1 1	2 2 3	3 4 5

鑒 業 用

S=溶解 I=不溶解 SI=微溶解 D=分解

原 料 名	化 學 式	分子 量 或 公式量
Acetic acid 醋酸	CH <sub>3</sub> COOH.....	60.0
Alcohol 酒精	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH.....	46.0
Albite(soap spar) 鈉長石	Na <sub>2</sub> OAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6SiO <sub>2</sub> .....	525.1
Ammonium ammonium) 發明礬	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·24H <sub>2</sub> O	905.7
Amm(potash) 鉀明礬	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> K <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ·24H <sub>2</sub> O.....	948.8
Alumina(oxide) 氧化鋁	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	101.9
Aluminum hydrate 氫氧化鋁	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O.....	156.0
Aluminum sulphate 硫酸鋁	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·18H <sub>2</sub> O.....	666.4
Aluminum sulphate(anhyd) 硫酸鋁(無水)	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .....	342.1
Ammonia 氨(溶液)	NH <sub>3</sub> OH.....	35.0
Ammonium carbonate 碳酸銨	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	114.1
chloride 氯化銨	NH <sub>4</sub> Cl.....	53.5
nitrate 硝酸銨	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> .....	80.05
sulphate 硫酸銨	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	132.1
Andalusite 紅柱石	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SiO <sub>2</sub> .....	162.3
Anorthite 鈣長石	CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·2SiO <sub>2</sub> .....	278.7
Apatite 磷灰石	變動[Ca <sub>3</sub> (P <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ]	291.5
Antimony oxide 氧化銻	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	339.7
Arsenious oxide 氧化亞砷	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	197.8
Barium carbonate 碳酸鋇	BaCO <sub>3</sub> .....	197.4
chloride 氯化鋇	BaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O.....	244.3
chromate 鉻酸鋇	BaCrO <sub>4</sub> .....	253.5
hydroxide 氫氧化鋇	Ba(OH) <sub>2</sub> ·8H <sub>2</sub> O.....	315.5
oxide 氧化鋇	BaO.....	153.4
peroxide 過氧化鋇	BaO <sub>2</sub> .....	169.4
sulphate 硫酸鋇	BaSO <sub>4</sub> .....	233.4
Bismuth oxide 氧化銻	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	466.0
Bone ash(approx) 骨灰(近似)	4Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·CaCO <sub>3</sub> .....	131.0
Boric acid(boric acid) 硼酸	H <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·3H <sub>2</sub> O.....	123.7
Boric oxide 氧化硼	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	69.6
Borax (sodium tetra-borate) 硼砂	N <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·H <sub>2</sub> O.....	381.4
Borax (melted) 硼砂融(熔後)	.....	201.3
Calcium borate(colemanite) 硼酸鈣(硼灰石)	Ca(BO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O.....	161.7
carbonate 碳酸鈣	CaCO <sub>3</sub> .....	100.1
chloride 氯化鈣	CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O.....	219.1
chloride(anhyd) 氯化鈣(無水)	CaCl <sub>2</sub> .....	111.0

## 原 料

M=熔融 Sub=昇華 A=與空氣比

當 量		融 點 °C	比 重	溶解度
RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> RO <sub>2</sub>			
			0.785	S
525.1	525.1		2.5-2.63	I
936.7	903.7	94.5	1.645	S
948.8	948.8	84.5	1.757	S
	101.9	2050	3.73-3.99	I
	156.0	D 300	2.423	I
	663.4	D	1.62	S
	342.1	D 770	2.71	S
35.0		D		S
114.1		85		S
53.5		550	1.5 0	S
80.05		169.6	1.725	S
132.1		513	1.769	S
	162.3		3-3.4	I
278.7	278.7	139.4		I
	291.5		紅熱	I
	197.8	200	5.2-5.67	I
197.4		D900, M1360	3.788-3.865	S
244.3		960	4.275	S
253.5	507.0		3.856	I
315.5		780	4.493	I
153.4		O <sub>2</sub> 450	1.656	S
169.4			5.32-5.74	S
233.4			4.96	I
	466.0	233.4	4.476-4.330	I
		820-860	8.8-9.0	I
	123.7			I
	69.6	184-186	1.4347	S
		577	1.75-1.83	S
381.4	190.7	紅熱	1.694	S
201.3	100.6	732	2.367	S
161.7	161.7			S
100.1		D 825	2.72-2.95	I
219.1		30.2	1.654	S
111.0		774	2.152	S

營業用

S=溶解 I=不溶解 SI=微溶解 D=分解

原 料 名	化 學 式	分子量 或 公式量
Calcium fluoride(fluor spar) 氟化鈣(螢石)	$CaF_2$ .....	78.1
hydroxid 氫氧化鈣	$Ca(OH)_2$ .....	74.1
oxide 氧化鈣	$CaO$ .....	56.1
phosphate(ortho) 磷酸鈣(正)	$Ca_3(PO_4)_2$ .....	310.3
sulphate(gypsum) 硫酸鈣(石膏)	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .....	172.2
Carbon dioxide 二氧化碳	$CO_2$ .....	44.0
monoxide 一氧化碳	$CO$ .....	28.0
Chromium sulphate 硫酸鉻 sesquioxide(black) 三氧化二鉻	$Cr_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ .....	716.5
	$Cr_2O_3$ .....	152.0
Chrome alum 鉻明礬	$Cr_2(EO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O$ .....	998.9
Clay(kaolinite) 土(高嶺土)	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .....	258.1
Cobaltic chloride 氯化鈷	$Co_2Cl_6$ .....	330.6
oxidesesqui 三氧化二鈷	$Co_2O_3$ .....	165.9
oxide 氧化鈷	$Co_3O_4$ .....	240.8
Cobaltous acetate 醋酸亞鈷	$Co(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$ .....	249.0
carbonate 碳酸鈷	$CoCO_3$ .....	119.0
chloride 氯化鈷	$CoCl_2 \cdot 6H_2O$ .....	238.0
nitrate 硝酸鈷	$Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .....	291.1
oxide 氧化鈷	$CoO$ .....	74.9
phosphate 磷酸鈷	$Co_3(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$ .....	421.9
silicate 矽酸鈷	$Co_2SiO_4$ .....	210.1
sulphate 硫酸鈷	$CoSO_4 \cdot 7H_2O$ .....	281.1
Copper acetate 醋酸銅	$Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$ .....	199.6
Cryolite 冰晶石	$Na_3AlF_6$ .....	285.0
Curpic carbonate(basic) 鹼性碳酸銅	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ .....	221.2
chloride 氯化銅	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$ .....	170.5
hydroxide 氫氧化銅	$Cu(OH)_2$ .....	97.6
nitrate 硝酸銅	$Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ .....	295.7
oxide 氧化銅	$CuO$ .....	79.6
sulphate 硫酸銅	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ .....	249.7
Cuprous chloride 氯化亞銅	$Cu_2Cl_2$ .....	198.0
hydroxide 氫氧化亞銅	$CuOH$ .....	80.6
oxide 氧化亞銅	$Cu_2O$ .....	143.1
sulphate 硫酸銅	$Cu_2SO_4 \cdot H_2O$ .....	225.2
Dolomite 白雲石	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$ .....	184.4

原 料 (續)

M=熔融 Sub=昇華 A=與空氣比

管 RO	量		融 點 °C	比 重	溶解度
	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>			
78.1			1300	3.15-3.18	I
74.1			D 580	2.078	SI
56.1			2570	3.13-3.40	SI
203.8	310.3		1550	3.8	I
172.2			D 900	2.32	SI
		44.0		A 1.53 A 0.987	
	716.5				S
	152.0		1980	5.215	I
998.9	998.9	128.6	89	1.813	S
	258.1				I
165.3	330.6		昇華	2.94	S
88.0	165.9		O <sub>2</sub> -825	4.81-5.60	I
80.2	160.5		O <sub>2</sub> -905	5.3-6.3	I
249.0	498.0			1.7043	S
119.0	238.0		D		I
238.0	476.0		86.75	1.84	S
291.1	582.2		56	1.893	S
74.9	149.8		O <sub>2</sub> -2860	5.6-5.75	I
140.3	280.6				I
105.0	210.1			4.63	I
281.1	562.2		98.8	1.948	S
169.6			D 240	1.9	S
190.0	570.0			2.9-3.0	I
221.2			D	3.7-4.0	I
170.5			D 100	2.47-2.54	S
97.6			D	3.358	I
295.7			26.4	2.074	S
79.6			1034	6.32-6.43	
249.7			D 110	2.284	S
99.0			425	3.38-3.68	S
80.6			D 360		I
71.6			1210	5.75-6.09	I
112.6				3.83 4.46	S
184.4					I

鑛業用

S=溶解 I=不溶解 Si=微溶解 D=分解

原 料 名	化 學 式	分子量 或 公式量
Fel'spar (potash) 長石(鉀)	$K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ .....	558.8
(soda) (鈉)	$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ .....	524.5
Ferric chloride 氯化鐵	$Fe_2Cl_6$ .....	324.4
hydroxide 氫氧化鐵	$Fe(OH)_3$ .....	106.9
oxide (red) 氧化鐵(紅)	$Fe_2O_3$ .....	159.7
phosphate 磷酸鐵	$Fe(PO_4) \cdot 4H_2O$ .....	222.9
sulphate 硫酸鐵	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$ .....	562.0
Ferro-ferric oxide (magnetic) 四氧化三鐵	$Fe_3O_4$ .....	231.5
Ferrous oxide 氧化亞鐵	$FeO$ .....	71.8
carbonate 碳酸亞鐵	$FeCO_3$ .....	115.8
sulphate 硫酸亞鐵	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$ .....	278.0
sulphide (pyrite) 硫化鐵(黃鐵礦)	$FeS$ .....	87.9
Flint 燧石	$SiO_2$ .....	60.06
Gypsum 石膏	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ .....	172.2
Hydrogen peroxide 過氧化氫	$H_2O_2$ .....	34.0
su phide 硫化氫	$H_2S$ .....	34.1
Hydrochloric acid (muratic) 鹽酸	$HCl$ .....	36.5
Hydrofluoric acid 氫氟酸	$HF$ .....	20.0
Kaolin ite 高嶺土岩	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ .....	258.1
Lead acetate 醋酸鉛	$Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ .....	379.3
antimonate 錳酸鉛	錳酸	.....
borate 硼酸鉛	$Pb(BO_2)_2 \cdot H_2O$ .....	310.9
carbonate 碳酸鉛	$PbCO_3$ .....	267.2
carbonate (basic) (white lead) 鹼性碳酸鉛	$2PbO_3 \cdot Pb(OH)_2$ .....	775.6
chloride 氯化鉛	$PbCl_2$ .....	278.1
chromate 鉻酸鉛	$PbCrO_4$ .....	323.2
dioxide 二氧化鉛	$PbO_2$ .....	239.2
oxide (litharge) 氧化鉛(密陀僧)	$PbO$ .....	223.2
red 鉛丹	$Pb_2O_3$ .....	685.6
sulphate 硫酸鉛	$PbSO_4$ .....	303.3
sulphide (galena) 硫化鉛	$PbS$ .....	239.3
Lithium carbonate 碳酸鋰	$Li_2CO_3$ .....	73.9
Magnesium carbonate 碳酸鎂	$MgCO_3$ .....	84.3
chloride 氯化鎂	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$ .....	203.3
oxide 氧化鎂	$MgO$ .....	40.3





營業用

S=溶解 I=不溶解 SI=微溶解 D=分解

原料名	化學式	分子量 或 公式量
Magnesium sulphate (Epsom salts) 硫酸鎂(滷利鹽) crystals 硫酸鎂結晶	MgSO <sub>4</sub> ..... MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O .....	120.4 246.5
Manganese dioxide(black) 二氧化錳(黑)	MnO <sub>2</sub> .....	86.9
Manganic oxide(brownish black) 三氧化二錳(微褐色)	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	157.9
sulphate 硫酸錳	Mn <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .....	398.0
Manganous carbonate 碳酸錳	MnCO <sub>3</sub> .....	114.9
chloride 氯化錳	MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O .....	197.9
oxide 氧化錳	MnO .....	70.9
sulphate 硫酸錳	MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O .....	223.0
sulphate 硫酸錳	MnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O .....	277.1
Mercuric chloride 氯化汞	HgCl <sub>2</sub> .....	271.5
nitrate 硝酸汞	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O .....	342.6
oxide 氧化汞	HgO .....	216.6
sulphate 硫酸汞	HgSO <sub>4</sub> .....	298.7
sulphate(basic) 鹼性硫酸汞	2HgO·HgSO <sub>4</sub> .....	729.9
sulphide 硫化汞	Hg <sub>2</sub> S .....	232.7
Mercurous oxide 氧化亞汞	Hg <sub>2</sub> O .....	417.2
Molybdic acid 鉬酸	H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O .....	232.7
Nickel chloride 氯化鎳	NiCl <sub>2</sub> .....	129.6
chloride(hydrated) 氯化鎳(含水)	NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O .....	237.7
oxide 氧化鎳	NiO .....	74.7
sulphate 硫酸鎳	NiSO <sub>4</sub> .....	154.8
sulphate 硫酸鎳	NiSO <sub>4</sub> ·6H <sub>2</sub> O .....	262.6
sulphate 硫酸鎳	NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O .....	280.9
Niter 硝酸鉀	KNO <sub>3</sub> .....	101.1
Niter soda 硝酸鈉	NaNO <sub>3</sub> .....	85.0
Nitric acid 硝酸	HNO <sub>3</sub> .....	63.0
Potassium carbonate(pearl ash) 碳酸鉀(珍珠灰)	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	138.0
chromate 鉀鉻鉀	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> .....	194.2
chloride 氯化鉀	KCl .....	74.6
dichromate 鉀鉻鉀	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .....	294.2
nitrate 硝酸鉀	KNO <sub>3</sub> .....	101.1
ferrocyanide 亞鐵氰化鉀	K <sub>4</sub> Fe(CN) <sub>6</sub> ·3H <sub>2</sub> O .....	422.4
hydroxide 氫氧化鉀	KOH .....	56.1
oxide 氧化鉀	K <sub>2</sub> O .....	94.2
permanganate 過錳酸鉀	KMnO <sub>4</sub> .....	158.0

原 料 (續)

M=凝融    Sub=昇華    A=與空氣比

常 量		融 點 C°	比 重	溶解度
RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> RO <sub>2</sub>			
120.4			2.65	S
246.5			1.678	S
86.9		O <sub>2</sub> 535	5.026	I
78.9	157.9	O <sub>2</sub> 1080	4.325-4.82	I
199.0		D		S
114.9		D	3.125-3.66	I
197.9		87.5 白熱	1.913	I
70.9			5.09-5.18	I
223.0			2.107	S
277.1		D 280	2.042	S
271.5		277	5.32-5.46	S
324.6		D		S
216.6		D	11.00-11.29	I
296.7		D 紅熱	6.466	D
243.3			6.44	I
232.7		446 昇華	7.55-8.12	I
208.6		D	8.95-10.69	I
129.6		昇華	2.65	S
237.7				S
74.7		O <sub>2</sub> 400	6.6-6.8	I
154.8		SO <sub>3</sub> 840	3.418	S
232.8		D 230	2.031	S
286.9		98-100	1.98	S
202.2		337	2.106	S
170.2		310	2.287	S
188.0		896	2.3312	S
194.2	288.4	975	2.7319	S
149.1		772	1.987	S
294.2	294.2	397.5	2.692	S
262.2		337	2.1082	S
211.2	422.4		1.6563	S
112.2		330.4	2.044	S
94.2		紅熱	2.32	S
316.0		D 240	2.7022	S

鑿 業 用

S=溶解 I=不溶解 SI=微溶解 D=分解

原 料 名	化 學 式	分子量 或 公式量
Silica (silicon dioxide) 二氧化矽	SiO <sub>2</sub> .....	60.1
Silicic acid 矽酸	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> .....	78.1
Sodium bicarbonate 重碳酸鈉	NaHCO <sub>3</sub> .....	84.0
carbonate (crystals) 碳酸鈉(結晶)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O .....	286.2
carbonate (anhyd) 碳酸鈉(無水)	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> .....	106.0
chromate 鉻酸鈉	Na <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O .....	342.2
chloride (salt) 氯化鈉(鹽)	NaCl .....	58.4
dichromate 重鉻酸鈉	Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O .....	298.0
hydroxide (caustic) 氫氧化鈉	NaOH .....	40.0
nitrate (soda nitre) 硝酸鈉	NaNO <sub>3</sub> .....	85.0
meta-antimonate 偏錫酸鈉	Na <sub>2</sub> SbO <sub>3</sub> ·7H <sub>2</sub> O .....	510.1
oxide 氧化鈉	Na <sub>2</sub> O .....	62.0
silicate 矽酸鈉	不定組成	
sulphate 硫酸鈉	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O .....	322.2
uranate 鈾酸鈉	Na <sub>2</sub> UO <sub>4</sub> .....	348.2
Stannic acid (ortho) 錫酸(正)	H <sub>2</sub> SnO <sub>3</sub> .....	168.7
chloride 氯化錫	SnCl <sub>4</sub> .....	260.5
oxide 氧化錫	SnO <sub>2</sub> .....	150.7
Stannous chloride 氯化亞錫	SnCl <sub>2</sub> .....	189.6
oxide 氧化錫	SnO .....	134.7
Strontium carbonate 碳酸銣	SrCO <sub>3</sub> .....	147.6
oxide 氧化銣	SrO .....	103.6
sulphate 硫酸銣	SrSO <sub>4</sub> .....	183.7
Sulphur dioxide 二氧化硫	SO <sub>2</sub> .....	64.1
trioxide 三氧化硫	SO <sub>3</sub> .....	80.1
Sulphuric acid 硫酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	98.1
Titanium oxide 氧化鈦	TiO <sub>2</sub> .....	80.1
Tin oxide 氧化錫	SnO <sub>2</sub> .....	150.7
Uranium oxide 二氧化鈾	UO <sub>2</sub> .....	270.1
oxide 三氧化鈾	UO <sub>3</sub> .....	286.2
Zinc carbonate 碳酸鋅	ZnCO <sub>3</sub> .....	125.4
oxide 氧化鋅	ZnO .....	81.4
sulphate 硫酸鋅	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O .....	287.6
Zirconium oxide (zirconia) 二氧化鋯	ZrO <sub>2</sub> .....	123.0
silicate (zircon) 矽酸鋯(鋯石)	ZrSiO <sub>4</sub> .....	182.9

## 原 料 (續)

M=熔融 Sub=昇華 A=與空氣比

當	量		融 點	比 重	溶解度
RO	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO <sub>2</sub>	°C		
60.1			1600-1750	2.20-2.65	I
238.0		78.1	D 270	1.576	S
286.2				2.19-2.22	S
				1.446	S
166.0			849	2.43-2.51	S
342.2	684.4			2.71	S
116.9			891	2.16	S
298.0	298.0			2.52	S
80.0			318	2.13	S
170.0			310	2.27	S
510.1	1020.2		紅熱	2.25	S
62.0					
322.2			32	1.492	S
348.2					I
		168.7			S
		260.5		2.23	S
		150.7	1127	6.6-6.9	I
		189.6	247.2		S
			D	6.3	I
147.6			D 1075	3.62	I
103.6			3000	4.45-4.75	I
183.7			1605	3.71-3.97	I
				A 2.2639	S
			16.8	A 2.75	S
			10.46	1.834	S
		80.1	1560	3.75-4.25	I
		150.7	1127	6.6-6.9	I
		270.1	2176	10.95	I
286.2		286.2	D	5.02-5.26	I
125.4			CO <sub>2</sub> 300	4.42-4.45	I
81.4				5.78	I
287.6			D 50	1.966	S
		123.0	2700	5.75	I
152.9		152.4			I

計算玻璃性質之係數

組成	熱膨脹 W. & S.* × 10 <sup>-7</sup>	熱膨脹 M. & H. × 10 <sup>-7</sup>	熱膨脹 P. & T.† × 10 <sup>-7</sup>	熱傳導† Paul. h/cm	玻璃密度 W. & S.*	密度 Pallier's	抗張度 W. & S.*	抗張度 W. & S.*	壓縮 強度 W. & S.*	彈性 C. & T.	硬度 Auer- bach	比重
FeO.....	0.8	0.8	0.15	0.0220	2.8	2.24	0.09	1.23	40	+ 3.32	0.001913	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	5.0	5.0	0.52	0.0220	4.1	2.75	0.05	1.0	120	+ 10.1	0.002272	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ...	0.1	0.1	-1.98	0.0160	1.9	3.00	0.065	0.90	.....	+ 0.75	0.001276	
As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	2.0	2.0	.....	.....	4.1	2.90	0.03	1.00	.....	.....	.....	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ...	2.0	2.0	.....	0.0160	2.55	.....	0.075	0.76	.....	+ 1.82	0.001903	
Na <sub>2</sub> O...	10.0	10.0	12.96	0.0160	2.8	3.20	0.02	0.62	.....	+ 3.9	0.001860	
K <sub>2</sub> O.....	8.5	8.5	11.7	0.0010	2.8	3.20	0.01	0.05	.....	+ 1.45	0.000512	
PhO.....	3.0	3.2	3.18	0.0080	9.6	10.30	0.035	0.48	.....	+ 7.1	0.001245	
ZnO.....	1.8	2.1	0.21	0.0160	5.9	5.94	0.15	0.6	.....	+ 6.3	0.001903	
CeO.....	5.0	6.0	4.89	0.0320	3.3	4.80	0.20	0.20	240	-	0.002439	
MnO...	0.1	0.1	1.35	0.0110	3.8	3.25	0.01	1.1	300	.....	0.002439	
TeO.....	3.0	3.0	5.2	.....	7.0	7.20	0.05	0.65	.....	+ 1.95	0.000673	
N <sub>2</sub> AlF <sub>6</sub> .....	.....	7.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
NaF.....	.....	7.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
CF <sub>3</sub> O <sub>3</sub> .....	.....	5.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
CoO.....	.....	4.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
AlF <sub>3</sub> .....	.....	4.4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
FeO <sub>2</sub> .....	.....	4.1	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	.....	4.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
NiO.....	.....	4.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	.....	3.6	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
CaF <sub>2</sub> .....	.....	2.5	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
MnO <sub>2</sub> .....	.....	2.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
SuO <sub>2</sub> .....	.....	2.0	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
CuO.....	.....	2.2	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
ZnO.....	.....	2.1	0.60	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

\* Winkelman and Schott  
 † English and Turner, Relationship Between Chemical Composition and Thermal Expansion of Glasses J. Am. Ceram. Soc., X, 551 (1927).  
 ‡ Paalhorn, Hodkin and Cosman, Textbook of Glass Technology, D. Van Nostrand (1925).

## 攝氏與華氏溫度計：

將攝氏溫度變為華氏者時，則以 $\frac{9}{5}$ 乘攝氏溫度；然後以 32 加於其結果。

例：將  $65^{\circ}\text{C}$  變為華氏溫度

$$65 \times \frac{9}{5} = 117, \quad 117 + 32 = 149^{\circ}\text{F}$$

將華氏溫度變為攝氏者時，則自華氏溫度數中減去 32 而以 $\frac{5}{9}$ 乘其差數。

例：將  $212^{\circ}\text{F}$  變為攝氏溫度

$$212 - 32 = 180 \quad \text{而} \quad 180 \times \frac{5}{9} = 100^{\circ}\text{C}$$

攝氏與華氏溫度換算表

-459.4° 至 0°			0° 至 100°				100° 至	
°C.	°F.	°F.	°C.	°F.	°C.	°F.	°C.	°F.
-273	-459.4		-17.7	0	32	9.9	50	122.0
-268	-450		-17.2	1	33.8	10.4	51	123.8
-262	-446		-16.6	2	35.6	11.1	52	125.6
-257	-430		-16.1	3	37.4	11.5	53	127.4
-251	-420		-15.5	4	39.2	12.1	54	129.2
-246	-410		-15.0	5	41.0	12.6	55	131.0
-240	-400		-14.4	6	42.8	13.2	56	132.8
-234	-390		-13.9	7	44.6	13.7	57	134.6
-229	-380		-13.3	8	46.4	14.3	58	136.4
-223	-370		-12.7	9	48.2	14.8	59	138.2
-218	-360		-12.2	10	50.0	15.6	60	140.0
-212	-350		-11.6	11	51.8	16.1	61	141.8
-207	-340		-11.1	12	53.6	16.6	62	143.6
-201	-330		-10.5	13	55.4	17.1	63	145.4
-196	-320		-10.0	14	57.2	17.7	64	147.2
-190	-310		-9.4	15	59.0	18.2	65	149.0
-184	-300		-8.8	16	60.8	18.8	66	150.8
-179	-290		-8.3	17	62.6	19.3	67	152.6
-173	-280		-7.7	18	64.4	19.9	68	154.4
-169	-273	-459.4	-7.2	19	66.2	20.4	69	156.2
-163	-270	-454	-6.6	20	68.0	21.0	70	158.0
-162	-260	-436	-6.1	21	69.8	21.5	71	159.8
-157	-250	-418	-5.5	22	71.6	22.2	72	161.6
-151	-240	-400	-5.0	23	73.4	22.7	73	163.4
-146	-230	-382	-4.4	24	75.2	23.3	74	165.2
-140	-220	-364	-3.9	25	77.0	23.8	75	167.0
-134	-210	-346	-3.3	26	78.8	24.4	76	168.8
-129	-200	-328	-2.8	27	80.6	25.0	77	170.6
-123	-190	-310	-2.2	28	82.4	25.5	78	172.4
-118	-180	-292	-1.6	29	84.2	26.2	79	174.2
-112	-170	-274	-1.1	30	86.0	26.8	80	176.0
-107	-160	-256	-.6	31	87.8	27.3	81	177.8
-101	-150	-238	0	32	89.6	27.7	82	179.6
-96	-140	-220	.5	33	91.4	28.2	83	181.4
-90	-130	-202	1.1	34	93.2	28.8	84	183.2
-84	-120	-184	1.6	35	95.0	29.3	85	185.0
-79	-110	-166	2.2	36	96.8	29.9	86	186.8
-73	-100	-148	2.7	37	98.6	30.4	87	188.6
-68	-90	-130	3.3	38	100.4	31.0	88	190.4
-62	-80	-112	3.8	39	102.2	31.5	89	192.2
-57	-70	-94	4.4	40	104.0	32.1	90	194.0
-51	-60	-76	4.9	41	105.8	32.6	91	195.8
-46	-50	-58	5.5	42	107.6	33.3	92	197.6
-40	-40	-40	6.0	43	109.4	33.8	93	199.4
-34	-30	-22	6.6	44	111.2	34.4	94	201.2
-29	-20	-4	7.1	45	113.0	34.9	95	203.0
-23	-10	14	7.7	46	114.8	35.5	96	204.8
-17.7	0	32	8.2	47	116.6	36.1	97	206.6
			8.8	48	118.4	36.6	98	208.4
			9.3	49	120.2	37.1	99	210.2
						37.7	100	212.0

註： 顯著位數字為欲以之換算為其他溫度計用之攝氏或華氏溫度。溫度換算為攝氏時，其答數則可自右邊行中求得。

(ALBERT SAUVEUR)

1030°		1000° 至 2000°				2000° 至 3000°				
°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	
260	500	932	538	1000	1832	815	1500	2732	1693	3000
265	510	950	543	1010	1850	820	1510	2750	1698	3010
271	520	968	549	1020	1868	827	1520	2768	1104	2020
276	530	986	554	1030	1886	831	1530	2783	1109	2030
282	540	1004	560	1040	1904	838	1540	2804	1115	2040
288	550	1022	565	1050	1922	842	1550	2822	1120	2050
293	560	1040	571	1060	1940	849	1560	2840	1126	2060
299	570	1058	576	1070	1958	853	1570	2858	1131	2070
304	580	1076	582	1080	1976	860	1580	2876	1137	2080
310	590	1094	587	1090	1994	864	1590	2894	1142	2090
315	600	1112	593	1100	2012	871	1600	2912	1149	2100
321	610	1130	598	1110	2030	876	1610	2930	1154	2110
326	620	1148	604	1120	2048	882	1620	2948	1160	2120
332	630	1166	609	1130	2066	887	1630	2966	1165	2130
338	640	1184	615	1140	2084	893	1640	2984	1171	2140
343	650	1202	620	1150	2102	898	1650	3002	1176	2150
349	660	1220	626	1160	2120	904	1660	3020	1182	2160
354	670	1238	631	1170	2138	909	1670	3038	1187	2170
360	680	1256	637	1180	2156	915	1680	3056	1193	2180
365	690	1274	642	1190	2174	920	1690	3074	1198	2190
371	700	1292	648	1200	2192	926	1700	3092	1204	2200
376	710	1310	653	1210	2210	931	1710	3110	1209	2210
382	720	1328	659	1220	2228	937	1720	3128	1215	2220
387	730	1346	664	1230	2246	942	1730	3146	1220	2230
393	740	1364	670	1240	2264	94	1740	3164	1226	2240
399	750	1382	675	1250	2282	953	1750	3182	1231	2250
404	760	1400	681	1260	2300	959	1760	3200	1237	2260
410	770	1418	686	1270	2318	964	1770	3218	1242	2270
415	780	1436	692	1280	2336	970	1780	3236	1248	2280
421	790	1454	697	1290	2354	975	1790	3254	1253	2290
426	800	1472	704	1300	2372	981	1800	3272	1259	2300
432	810	1490	708	1310	2390	986	1810	3290	1264	2310
438	820	1508	715	1320	2408	992	1820	3308	1270	2320
443	830	1526	719	1330	2426	997	1830	3326	1275	2330
449	840	1544	723	1340	2444	1003	1840	3344	1281	2340
454	850	1562	728	1350	2462	1008	1850	3362	1286	2350
460	860	1580	733	1360	2480	1014	1860	3380	1292	2360
465	870	1598	737	1370	2498	1019	1870	3398	1297	2370
471	880	1616	741	1380	2516	1025	1880	3416	1303	2380
476	890	1634	752	1390	2534	1030	1890	3434	1308	2390
482	900	1652	760	1400	2552	1035	1900	3452	1315	2400
487	910	1670	765	1410	2570	1041	1910	3470	1320	2410
493	920	1688	771	1420	2588	1047	1920	3488	1326	2420
499	930	1706	776	1430	2606	1052	1930	3506	1331	2430
504	940	1724	782	1440	2624	1058	1940	3524	1337	2440
510	950	1742	787	1450	2642	1063	1950	3542	1342	2450
515	960	1760	793	1460	2660	1069	1960	3560	1348	2460
520	970	1778	798	1470	2678	1074	1970	3578	135	2470
526	980	1796	804	1480	2696	1080	1980	3596	13	2480
532	990	1814	809	1490	2714	1085	1990	3614	1364	2490
538	1000	1832				1090	2000	3632		

如白帶或溫度換算為華氏溫度，其相當之溫度。可自左欄行中求得。如自華氏



## 度量衡表

### 十進制度量衡表

#### 重量

重量之單位為公分 (gram=gm.)		縮寫
1000	公分 (grams)=1 公斤 (kilogram),	甞 (kg.)
100	公分 (grams)=1 公兩 (Hektogram),	廻 (Hg.)
10	公分 (grams)=1 公錢 (dekagram),	錢 (dg.)
1	公分 (gram) = 1 公分 (gram),	甞 (gm.)
0.1	公分 (gram) = 1 公釐 (decigram),	廻 (dg.)
0.01	公分 (gram) = 1 公毫 (centigram),	毫 (cg.)
0.001	公分 (gram) = 1 公絲 (milligram),	毫 (mg.)

#### 長度

長度之單位為公尺 (meter=M.)		縮寫
1000	公尺 (meters)=1 公里 (kilometer),	裡 (km.)
100	公尺 (meters)=1 公引 (hektometer),	引 (hm)
10	公尺 (meters)=1 公丈 (dekameter),	丈 (dm)
1	公尺 (meter) = 1 公尺 (meter),	尺 (m.)
0.1	公尺 (meter) = 1 公寸 (decimeter),	寸 (dm.)
0.01	公尺 (meter) = 1 公分 (centimeter),	分 (cm.)
0.001	公尺 (meter) = 1 公厘 (millimeter),	厘 (mm.)

#### 容量 (液體)

容量 (液體量度) 之單位為公升 (liter=l.)		縮寫
1000	公升 (liters)=1 公秉 (kiloliter),	秉 (kl.)
100	公升 (liters)=1 公石 (hektoliter),	石 (hl.)
10	公升 (liters)=1 公斗 (dekaliter),	斗 (dl)
1	公升 (liter) = 1 公升 (liter)	升 (l.)
0.1	公升 (liter) = 1 公合 (deciliter),	合 (dl.)
0.01	公升 (liter) = 1 公勺 (centiliter),	勺 (cl.)
0.001	公升 (liter) = 1 公撮 (立方公分) (centimeter),	撮 (cc.)

美國制度量衡表

## 重 量

## 常 權 (avoirdupois)

- 1 長噸 (long ton) + 2240 磅 (pounds, 或 lb.)  
 1 短噸 (short ton) + 2000 磅 (pounds, 或 lb.)  
 1 磅 (pound) + 16 溫司 (ounces, 或 oz.) + 7000 克令 (grain)  
 1 溫司 (ounce) + 437.5 克令 (grains, 或 gr.)  
 1 克令 (grain)

## 金 銀 權 或 脫 來 權

- 1 磅 (pound, 或 lb.) = 12 溫司 (ounces)  
 1 溫司 (ounce, 或 oz.) = 20 本尼懷脫 (penny weights)  
 1 本尼懷脫 (penny weight, 或 dw't. = 24 克令 (grains)  
 1 克令 (grain)  
 1 常權磅 (avoirdupois pound) = 1.21528 脫來磅 (troy pounds,  
 1 常權磅 (avoirdupois pound) = 14.583 脫來溫司 (troy ounces)

## 長 度

- 1 吋 (inch 或 in.)  
 1 呎 (foot 或 ft.) = 12 吋 (inches)  
 1 碼 (yard, 或 yd.) = 36 吋 (inches)  
 1 桿 (rod, 或 rd.) = 198 吋 (inches) = 16.5 呎 (feet)  
 1 扯因 (chain, 或 ch.) = 792 吋 (inches) = 66 呎 (feet)  
 1 哩 (mile, 或 mi.) = 5280 呎 (feet) = 1760 碼 (yards)

## 容 量 (液 量)

- 1 液體溫司 (fluid ounce, 或 fl. oz.)  
 1 品脫 (pint, 或 pt.) = 16 液體溫司 (fluid ounces)  
 1 瓜脫 (quart, 或 qt.) = 2 品脫 (pints)  
 1 加倫 (gallon, 或 gal.) = 4 瓜脫 (quarts)

## 十進制與美國制度量衡表之比較

## 重量關係

## 常 權 (avoirdupois)

I	II
1 公分 (gram)	= .035274 溫司 (ounce)
1 公斤 (kilogram)	= 35.274 溫司 (ounces)
1 公斤 (kilogram)	= 2.2046 磅 (pounds)
1 公噸 (metric ton)	= 2204.62 磅 (pounds)
1 公噸 (metric ton)	= 1.10231 短噸 (short tons)
1 公噸 (metric ton)	= 0.934206 長噸 (long ton)

## 金 銀 權 或 脫 來 權 (Troy)

1 公分 (gram)	= .032151 溫司 (ounces) 常權
1 公斤 (kilogram)	= 32.151 溫司 (ounces)
1 公斤 (kilogram)	= 2.6792 磅

## 常 權 (avoirdupois)

1 溫司 (ounce) 常權	= 28.3495 公分 (grams)
1 磅 (pound)	= 453.5924 公分 (grams)
1 短噸 (short ton)	= 907.185 公斤 (kilograms)
1 常噸 (long ton)	= 1016.647 公斤 (kilograms)

## 金 銀 權 或 脫 來 權 (Troy)

1 溫司 (Ounce) 常權	= 31.1035 公分 (gram)
1 磅 (pound)	= 373.2418 公分 (gram)

從某制單位換算為他制者時，則將單位之數字乘之以在縱行 II 中與此單位相反之相等數。

例：將 3.5 公斤換算為常權溫司，則以 35.274 乘 3.5 ( $3.5 \times 35.274 = 123.45$  溫司)。

## 長 度

I	II
1 公厘 (millimeter)	= 0.03937 吋 (inch)
1 公分 (centimeter)	= 0.3937 吋 (inch)
1 公尺 (meter)	= 39.37 吋 (inch)
1 公尺 (meter)	= 3.2808 呎 (foot)
1 公尺 (meter)	= 1.09361 碼 (yards)
1 吋 (inch)	= 2.5400 公厘 (centimeters)
1 呎 (foot)	= 30.480 公厘 (centimeters)
1 呎 (foot)	= 0.3048 公尺 (meter)
1 碼 (yard)	= 91.440 公厘 (centimeters)
1 碼 (yard)	= 0.9144 公尺 (meter)

從某制單位換算爲他制者時，則將單位之數字乘之以在縱行 II 中與此單位相反之相等數。

例：將 8.12 公厘換算爲吋時，則以 0.3937 乘 8.12 ( $8.12 \times 0.3937 = 3.197$  吋)。

## 容 量 (液 量)

I	II
1 公升 (liter)	= 33.815 液體溫司 (fluid ounces)
1 公升 (liter)	= 2.1134 品脫 (pints)
1 公升 (liter)	= 1.0567 瓜脫 (quarts)
1 公升 (liter)	= 0.26418 加倫 (gallon)
1 加倫 (gallon)	= 3.7853 公升 (liters)
1 瓜脫 (quart)	= 0.9463 公升 (liter)
1 品脫 (pint)	= 0.47317 公升 (liter)
1 溫司 (ounce)	= 29.5729 立方公分 (cc.)

從某制單位換算爲他制者時，則將單位之數字乘之以在縱行 II 中與此單位相反之相等數。

## 體 積

1 立方公分 (cubic centimeter)	= 0.0816234	立方吋 (cubic inch)
1 立方公尺 (cubic meter)	= 35.3145	立方呎 (cubic feet)
1 立方公尺 (cubic meter)	= 1.30794	立方碼 (cubic yards)
1 立方吋 (cubic inch)	= 16.38716	立方公分 (cubic centimeters)
1 立方呎 (cubic foot)	= 0.028317	立方公尺 (cubic meter)
1 立方碼 (cubic yard)	= 0.76458	立方公尺 (cubic meter)

## 面 積

1 方公厘 (square millimeter)	= 0.00155	方吋 (square inch)
1 方公分 (square centimeter)	= 0.15501	方吋 (square inch)
1 方公尺 (square meter)	= 1550.1	方吋 (square inches)
1 方公尺 (square meter)	= 10.7643	方呎 (square feet)
1 方呎 (square foot)	= 929.034	方公分 (square centimeters)
1 方碼 (square yard)	= 0.836131	方公尺 (square meter)

## 美國制, 英國皇家制, 與十進制之液量的比較

1 美國加倫 (U. S. gallon)	= 0.8331 皇家加倫 (Imperial gallon)	= 3.7853 公升 (liters)
1 美國瓜脫 (U. S. quart)	= 0.8331 皇家瓜脫 (Imperial quart)	= 0.94633 公升 (liter)
1 美國品脫 (U. S. pint)	= 0.8331 皇家品脫 (Imperial pint)	= 0.47316 公升 (liter)
1 皇家加倫 (Imperial gallon)	= 1.2003 美國加倫 (U. S. gallons)	= 4.5435 公升 (liters)
1 皇家瓜脫 (Imperial quart)	= 1.2003 美國瓜脫 (U. S. quarts)	= 1.1359 公升 (liters)
1 皇家品脫 (Imperial pint)	= 1.2003 美國品脫 (U. S. pints)	= 0.56791 公升 (liters)

## 水之重量與體積 (美國單位)

1 液體溫司水重	1.04316 溫司(常權),	29.5729 公分
1 品脫水重	16.69062 溫司(常權),	473.167 公分
1 瓜脫水重	33.38124 溫司(常權),	916.333 公分
1 加倫水重	133.52496 溫司(常權),	3785.332 公分
1 磅(常權)水	=	0.01605 立方呎
1 立方呎水重	62.278 磅(常權)	
1 立方呎水重	28.244 公斤	
1 溫司(液量)水重	29.5729 公分	

## 換算公式

自 加 倫 至 磅——以 8.345 (1 加倫水之重量) 乘其比重, 再以加倫數字乘其結果。

自 磅 至 加 倫——以 8.345 (1 加倫水之重量) 乘其比重, 再以磅之數字除其結果。

自立方公分至公分——以立方公分之數字乘其比重。

自公分至立方公分——以其比重除公分之數字。

自立方公分至磅——以其比重乘立方公分之數字, 再以 453.59 除其積數。

自磅至立方公分——以 453.59 乘磅之數字, 再以其比重除其商數。

自立方公分至溫司——以其比重乘立方公分之數字, 再以 28.35 (1 常權溫司 = 28.35 公分) 除其積數。

自溫司至立方公分——以 28.35 乘溫司之數字, 再以其比重除其商數。

關於標準尺度篩之重要試驗結果

自“標準規格委員會報告”，美國鑄業協會年鑑，1921—2

Report of Committee in Standards, A. C. S. Year Book, 1921—2

篩號	篩孔徑 吋	篩孔徑 吋	總直徑 吋	總直徑 吋	平均空隙	總直徑	最大空	每種 網眼數	每時 網眼數
					之 容許範圍	之 容許範圍	隙之 容許範圍		
					%	%	%		
2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	8.00	.315	1.85	.073	1	5	10	1	2.6
3	6.72	.265	1.65	.065	1	5	10	1.2	3.0
3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	5.66	.223	1.45	.057	1	5	10	1.4	3.6
4	4.76	.187	1.27	.050	1	5	10	1.7	4.2
5	4.01	.157	1.12	.044	1	5	10	2	5.0
6	3.36	.132	1.02	.041	1	5	10	2.3	5.8
7	2.83	.111	.92	.036	1	5	10	2.7	6.8
8	2.38	.094	.84	.033	2	5	10	3	7.9
10	2.00	.079	.76	.030	2	5	10	3.5	9.2
12	1.68	.066	.69	.027	2	5	10	4	10.8
14	1.41	.0557	.61	.024	2	5	10	5	12.5
16	1.19	.048	.54	.021	2	5	10	6	14.7
18	1.00	.0394	.48	.0187	2	5	10	7	17.2
20	.84	.0331	.42	.0165	3	5	25	8	20.2
25	.71	.0278	.37	.0146	3	5	25	9	23.6
30	.59	.0234	.33	.0129	3	5	25	11	27.5
35	.50	.0197	.29	.0113	3	5	25	13	44.7
40	.42	.0166	.25	.0098	3	5	25	15	37.9
45	.35	.0139	.22	.0085	3	5	25	18	44.7
50	.30	.0117	.188	.0074	4	10	40	20	52.4
60	.25	.0098	.162	.0064	4	10	40	24	61.7
70	.21	.0083	.140	.0055	4	10	40	29	72.5
80	.177	.0070	.119	.0047	4	10	40	34	85.5
100	.149	.0059	.102	.0040	4	10	40	40	101
120	.125	.0049	.086	.0034	4	10	40	47	120
140	.105	.0041	.074	.0029	5	15	60	53	143
170	.088	.0035	.063	.0025	5	15	60	66	167
200	.074	.0029	.053	.0021	5	15	60	79	200
230	.062	.0025	.046	.0018	5	15	60	93	233
270	.053	.0021	.041	.0016	5	15	60	106	270
325	.044	.0017	.036	.0014	5	15	60	125	323

體積與重量——換算表

自以下換算	以							
	爲立方吋	爲立方呎	爲立方碼	爲液體盎司	爲品脫	爲加侖	爲加倫	爲克令
立方吋.....	1.00000							
立方呎.....	1728.00	.045787	.042143	.554112	.034632	.017316	.004329	552.891
立方碼.....	46656.0	27.0000	.037037	957.505	59.8142	29.9221	7.48052	436693
液體盎司.....	1.80469	.001041	.018688	1.00000	1615.79	897.896	201.974	1179903
品脫.....	28.8750	.016710	.016189	16.0000	.0823500	.031250	.007813	456.380
加侖.....	57.7500	.033420	.001288	32.0000	1.00000	1.00000	.250000	7502.23
克令.....	281.000	.133681	.004951	128.000	8.00000	4.00000	1.00000	58417.9
盎司.....	1.80805	.012286	.018475	.002191	.011969	.046850	.011712	1.00000
磅.....	1.72999	.001028	.014038	1.05173	.065733	.032837	.008217	480.000
金銀兩.....	22.7766	.013181	.013708	.958608	.030913	.029957	.007489	437.600
金銀錢.....	27.6799	.016018	.014882	12.6208	.788860	.394400	.098000	560.00
磅.....	61.0237	.035315	.011308	15.3375	.958611	.479306	.119826	7300.00
公升或公升.....	61.0237	.035315	.011308	.038814	.092113	.001057	.02612	15.4323
立方公尺.....	61023.7	35.3140	1.30795	33814.0	2.11337	1.05659	.264172	16132.3
					2113.87	1056.69	234.172	1543203

理 算



自以下換算	以						
	爲溫司, 金銀櫃	爲溫司, 常櫃	爲磅, 金銀櫃	爲磅, 常櫃	爲立方公分 或公分	爲公升或公斤	爲立方公尺
立方吋.....	.525857	.578087	.013905	.036127	16.3871	.016387	.041639
立方呎.....	910.408	988.848	76.8674	62.4280	28316.9	28.3169	.02.317
立方碼.....	24561.0	26968.9	2048.42	1685.66	764556	764.566	.764556
該溫司.....	950813	1.04318	.079284	.046139	29.5786	.039573	.04.2957
英鎊.....	15.2136	16.6003	1.20775	1.04318	473.177	.473177	.04.4732
瓦特.....	30.4260	33.5816	2.53550	2.08695	946.364	3.78542	.03.9463
加倫.....	121.704	133.527	10.1420	8.34541	3785.42	3.78542	.003785
克司.....	.002083	.002256	.03.1735	.04.1428	.004799	.04.6479	.04.6479
溫司, 金銀櫃.....	1.00000	1.09714	.083333	.068571	31.1035	.031104	.04.5110
溫司, 常櫃.....	.911487	1.00000	.073055	.062570	28.3495	.028350	.04.2835
磅, 金銀櫃.....	12.0100	13.1657	1.00030	.822557	373.242	.373242	.03.3732
磅, 常櫃.....	14.0863	16.0000	1.21528	1.00000	453.593	.453593	.03.4536
立方公分或公分.....	.032151	.035274	.002679	.002205	1.00000	.001000	.000001
公升或公斤.....	32.1507	35.2739	2.67923	2.20462	1000.00	1.00000	.001000
立方公尺.....	32150.7	35273.9	2679.23	2204.62	1000000	1000.00	1.00000

註：自數字“0”之後，附有小數字，所以表示數字“0”應取之數值，故 .034228 等於 .0001428。

造表時所用之數值

1 吋 = 2.540091 釐  
 1 磅(常櫃) = 453.5926 公分  
 1 磅(常櫃) = 7000 克令  
 ∴ 1 立方吋 = 16.387083 立方公分 ∴ 1 加倫 = 8.34541 磅 ∴ 1 加倫 = 58.117.87 克令  
 = 16.387083 公升水 ∴ 1 磅(常櫃) = 27.679886 立方吋水

在 4°C. 即 39°F. 時

331 立方吋 = 1 加倫 = 3785.4162 公分

此表錄自 Van Nostrand's Chemical Annual, Osen (1926).

# 問題答案

## 第二章

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 濕量, (a) 4.62 %  | 灼熱減量, (a) 15.55 % |
| (b) 4.85 %   | (b) 18.42 %       |
| 2. 濕量 (a) 8.06 %   | 灼熱減量 (a) 19.15 %  |
| (b) 8.77 %   | (b) 23.69 %       |
| 3. 濕量 (a) 0.26 %   | 灼熱減量 (a) 14.44 %  |
| (b) 0.23 %   | (b) 16.87 %       |
| 4. 濕量 (a) 4.99 %   | 灼熱減量 (a) 5.46 %   |
| (b) 5.25 %   | (b) 5.78 %        |
| 5. 濕量 (a) 25.92 %  | 灼熱減量 (a) 31.25 %  |
| (b) 35.00 %  | (b) 45.45 %       |
| 6. 濕量 (a) 22.47 %  | 灼熱減量 (a) 35.12 %  |
| (b) 28.98 %  | (b) 54.13 %       |
| 7. 濕量 (a) 11.81 %  | 灼熱減量 (a) 24.41 %  |
| (b) 13.40 %  | (b) 32.29 %       |
| 8. 濕量 (a) 55.61 %  | 灼熱減量 (a) 60.20 %  |
| (b) 125.3 %  | (b) 151.3 %       |
| 9. 濕量 (a) 12.50 %  | 灼熱減量 (a) 13.64 %  |
| (b) 14.29 %  | (b) 15.79 %       |
| 10. 濕量 (a) 3.76 %  | 灼熱減量 (a) 13.32 %  |
| (b) 3.91 %   | (b) 15.36 %       |
| 11. 21.95 %  |                   |
| 12. (a) = 6.44 % (b) = 5.7 % (c) = 6.88 %                      |                   |
| 13. 黏土, 927.6 磅; 長石, 285.7 磅; 燧石, 455.6 磅                      |                   |
| 14. 長石, 370.5 磅; 白堊, 40.3 磅; 細砂, 113.5 磅 燧石, 201 磅。總共, 725.3 磅 |                   |
| 15. 9.405 %  |                   |
| 16. (a) = 13.94 % (b) = 47.12 % (c) = 44.0 %                   |                   |

17. 磁土, 25.8 磅    長石, 17.0 磅    球狀黏土, 26.9 磅  
 燧石, 33.3 磅
18. 6.01 磅
19. 磁土, 24.2 磅    長石, 16.4 磅    球狀黏土, 23.2 磅  
 燧石, 33.3 磅
20. 34.8 磅

### 第三章

1. 號數	體積乾 線收縮	可塑水量	號數	體積乾 線收縮	可塑水量
1.	13.11	23.68	11.	13.06	39.18
2.	13.22	22.90	12.	12.61	38.84
3.	12.36	23.47	13.	13.12	22.63
4.	12.47	24.22	14.	11.62	24.27
5.	9.14	23.28	15.	12.35	25.23
6.	8.95	23.41	16.	11.04	23.84
7.	10.12	23.47	17.	13.83	23.57
8.	9.24	23.45	18.	13.15	23.04
9.	11.62	24.26	19.	12.14	23.78
10.	11.82	22.24	20.	12.30	23.86

2. 號數	(a)	(b)	號數	(a)	(b)
1.	5.52	5.22	6.	4.17	4.00
2.	6.38	6.00	7.	5.26	5.00
3.	5.51	5.22	8.	4.40	4.22
4.	2.97	2.89	9.	3.92	3.78
5.	7.14	6.66	10.	5.83	5.69

3. 號數	線乾線收縮	號數	線乾線收縮
1.	14.7	11.	15.5
2.	4.9	12.	11.8
3.	7.1	13.	14.6

4.	8.9	14.	12.2	
5.	11.0	15.	11.1	
6.	11.4	16.	9.5	
7.	3.6	17.	15.1	
8.	13.2	18.	13.8	
9.	16.0	19.	15.0	
10.	13.1	20.	9.6	
4.	號數	體積乾燥收縮	號數	體積乾燥收縮
	1.	34.60	11.	36.84
	2.	10.41	12.	13.99
	3.	49.73	13.	32.32
	4.	30.45	14.	35.95
	5.	34.37	15.	25.87
	6.	29.50	16.	29.74
	7.	39.70	17.	28.75
	8.	24.39	18.	38.59
	9.	31.37	19.	37.94
	10.	19.82	20.	26.12
5.	體積 = 74.4 cc. 體積比重 = 1.17			
6.	口直徑(內部) = 22.7 吋 (外部) = 24.9 吋 底直徑(內部) = 11.3 吋 (外部) = 13.6 吋 高 (內部) = 10.2 吋 (外部) = 11.3 吋			
7.	根據於可塑, (a) 5.81 % (b) 16.3 % 根據於乾燥, (a) 6.17 % (b) 17.4 %			
8.	體積收縮 23.9 % 氣孔水 36.85 % 可塑水量 50.9 % 總收縮 8.6 % 取縮水 14.05 %			

9. 線乾燥收縮 6.1 %      體積乾燥收縮 17.2 %

第 四 章

1. 1. 15.98	6. 4.27	11. 13.54	16. 27.85
2. 11.17	7. 2.83	12. 11.80	17. 1.35
3. 13.50	8. 0.32	13. 12.62	18. 31.34
4. 1.56	9. 13.46	14. 4.66	19. 39.60
5. 1.76	10. 0.41	15. 19.13	20. 41.20
2. 1. 2.5077	6. 2.6418	11. 2.4861	16. 2.6932
2. 2.5119	7. 2.6820	12. 2.6997	17. 2.6936
3. 2.5081	8. 2.7006	13. 2.6623	18. 2.7036
4. 2.5057	9. 2.6852	14. 2.4829	19. 2.7095
5. 2.6162	10. 2.6658	15. 2.7119	20. 2.7212

三角錐 14      三角錐 01

3. (a) 體積乾燥收縮(根據於可塑)	24.95	24.95
(b) 可塑水量	38.7	33.7
(c) 體積密度(乾燥時)	1.71	1.71
(d) 體積密度(可塑時)	1.78	1.78
(e) 體積燒成收縮	32.94	31.63
(f) 線燒成收縮	12.5	11.9
(g) 氣孔百分率	0.49	12.59

三角錐 3      三角錐 6

(a) 體積乾燥收縮(根據於可塑)	29.4	29.4
(b) 可塑水量	49.6	49.6
(c) 體積密度(乾燥)	1.54	1.54
(d) 體積密度(可塑)	1.624	1.624
(e) 體積燒成收縮	33.9	37.3
(f) 線乾燥收縮	12.9	10.95
(g) 氣孔百分率	24.4	17.85

5. 高度, 15.7 吋; 直徑, 5.2 吋
6. 體積, 729 cc.; 收縮, 27.1 %
7. 0.833
8. 23.64 吋
9. 吸收百分率, 11.3 % 外觀氣孔率, 19.4 %  
 容積, 105.2 立方吋 體積比重, 1.632  
 總氣孔率, 34.7 % 封入氣孔, 16.3 %
10. 16.7 %
11. 內直徑, 8.16 吋; 內高, 7.0 吋; 外直徑, 105 吋
12. 內直徑, 7.66 吋; 內高, 11.5 吋
13. 內直徑, 7.1 吋; 內高, 10.66 吋
14. 第一, 64.0 %; 第二, 32.8 %
15. 26.1 公分
16. (a) 線乾燥收縮 5.83 % 線燒成收縮 2.66 %  
 (b) 線乾燥收縮 15.62 % 線燒成收縮 4.44 %  
 (c) 線乾燥收縮 15.62 線燒成收縮 4.44
17. 吸收率 9.09 % 體積容積 41.0 cc.  
 外觀比重 2.666 氣孔率 19.5 %  
 體積密度 2.15 % 外觀體積 53.0 cc.
18. 吸收率 14.78 % 氣孔率 19.64 %  
 容積比重 1.330 外觀比重 1.653  
 容積體積 21.23 外觀體積 17.06
19. 吸收率 4.76 % 體積密度 1.701  
 外觀密度 1.389 體積容積 123.46 cc.  
 外觀氣孔率 10.0 %
20. 體積容積 130 cc. 外觀容積 90 cc.  
 吸收率 9.7% 外觀氣孔率 10.0 %

21.	%	%	%	%
1.	1.23	6. 0.67	11. 5.9%	16. 10.22
2.	0.51	7. 0.92	12. 3.98	17. 9.10
3.	0.17	8. 2.21	13. 4.14	18. 7.32
4.	1.37	9. 12.72	14. 1.23	19. 9.69
5.	1.12	10. 11.65	15. 0.93	20. 9.41

## 第五章

	平均數	中央數	常見數
1.	751	764	無
2.	685	675	670
3.	592	597	616
4.	575	559	無
5.	257	293	310
6.	819	813	無
7.	500	515	518
8.	492	510	無
9.	465	469	483

## 第六章

1.	(a) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 39.51 %	$\text{FeO}$ , 46.57 %	$\text{H}_2\text{O}$ , 13.92 %
	(b) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 18.18 %	$\text{SiO}_2$ , 64.88 %	$\text{H}_2\text{O}$ , 16.94 %
	(c) $\text{CaO}$ , 56.9 %	$\text{CO}_2$ , 44.0 %	
	(d) $\text{Na}_2\text{O}$ , 16.23 %	$\text{B}_2\text{O}_3$ , 36.62 %	$\text{H}_2\text{O}$ , 47.25 %
	(e) $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 71.85 %	$\text{SiO}_2$ , 28.15 %	
2.	(a) 0.763 $\text{Na}_2\text{O}$	0.894 $\text{Al}_2\text{O}_3$	14.895 $\text{H}_2\text{O}$
	0.207 $\text{PbO}$	1.115 $\text{B}_2\text{O}_3$	
	(b) 0.169 $\text{K}_2\text{O}$		
	0.568 $\text{Na}_2\text{O}$		
	0.206 $\text{PbO}$	0.765 $\text{Al}_2\text{O}_3$	3.755 $\text{SiO}_2$
	0.056 $\text{MgO}$	0.364 $\text{B}_2\text{O}_3$	
	0.006 $\text{CoO}$		

(c) 0.495 Na <sub>2</sub> O		
0.530 PbO	0.133 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.80 SiO <sub>2</sub>
0.007 CoO	0.600 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
(d) 0.319 K <sub>2</sub> O		
0.297 Na <sub>2</sub> O	0.444 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.565 SiO <sub>2</sub>
0.384 PbO	0.422 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
(e) 0.113 K <sub>2</sub> O		
0.648 Na <sub>2</sub> O		
0.264 PbO <sub>3</sub>	0.225 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.810 SiO <sub>2</sub>
0.021 MgO	1.052 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.014 CoO		
3. K <sub>2</sub> O, 7.13 %      Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 16.52 %		
Na <sub>2</sub> O, 2.38 %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 0.38 %	
CaO, 0.34 %	SiO <sub>2</sub> , 73.25 %	
4. 1.07 K <sub>2</sub> O      0.949 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9.63 SiO <sub>2</sub>		
0.237 Na <sub>2</sub> O	0.015 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.364 CaO	0.036 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.018 TiO <sub>2</sub>
5. 0.900 Na <sub>2</sub> O		
0.033 K <sub>2</sub> O	0.911 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
0.044 CaO	0.008 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.66 SiO <sub>2</sub>
0.028 MgO		
6. (a) $\%$ $\%$		
K <sub>2</sub> O, 7.27	MgO, 0.62	
Na <sub>2</sub> O, 0.96	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 11.02	
CaO, 8.67	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 7.53	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 4.76	SiO <sub>2</sub> , 57.57	
	SrO <sub>2</sub> , 1.60	
(b) K <sub>2</sub> O, 8.75      SrO, 1.17		
CaO, 5.25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 11.83	
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 3.50	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 20.18	
MgO, 0.47	SiO <sub>2</sub> , 48.83	



(c) $K_2O$ , 5.6	$Al_2O_3$ , 16.85
$CaO$ , 10.12	$SiO_2$ , 41.55
$ZnO$ , 4.90	$B_2O_3$ , 20.91
(d) $K_2O$ , 7.60	$Al_2O_3$ , 13.72
$CaO$ , 3.02	$SiO_2$ , 64.70
$ZnO$ , 10.95	

7. (a) 0.021 $K_2O$			
0.013 $Na_2O$	1.000 $Al_2O_3$	2.276 $SiO_2$	1.898 $H_2O$
0.016 $CaO$	0.012 $Fe_2O_3$		
0.022 $MgO$			
(b) 0.528 $K_2O$			
0.148 $Na_2O$	1.000 $Al_2O_3$	6.655 $SiO_2$	0.111 $H_2O$
0.100 $CaO$	0.008 $Fe_2O_3$		
0.023 $MgO$			
(c) 0.029 $K_2O$			
0.010 $Na_2O$	1.000 $Al_2O_3$	2.067 $SiO_2$	1.788 $H_2O$
0.027 $CaO$	0.007 $Fe_2O_3$		
0.032 $MgO$			
(d) 0.032 $K_2O$			
0.023 $Na_2O$	1.000 $Al_2O_3$	1.985 $SiO_2$	2.025 $H_2O$
0.014 $CaO$	0.009 $Fe_2O_3$		
0.022 $MgO$			
(e) 0.008 $K_2O$			
0.021 $Na_2O$	1.000 $Al_2O_3$	2.055 $SiO_2$	1.937 $H_2O$
0.026 $CaO$	0.009 $Fe_2O_3$		
0.016 $MgO$			

## 第七章

1. $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ , 556.8	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ , 381.4
$Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ , 524.5	$CaCO_3$ , 100.1
$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , 258.1	

2. 御長石,	556.8	$\text{Ca}_2(\text{PO}_4)_2$ ,	103.4
矽砂,	381.4	$\text{K}_2\text{SiO}_3$ ,	154.3
KCl,	149.2	$\text{PbCr}_2\text{O}_7$ ,	323.2
$\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ,	140.0	$\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_2$ ,	193.0
3. 高嶺土岩,	258.1	$\text{PbCr}_2\text{O}_7$ ,	646.4
御長石,	556.8	$\text{PbCr}_2\text{O}_7$ ,	423.2
$\text{H}_3\text{BO}_3$ ,	123.7	$\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,	844.7
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,	556.0		
4. 2a = 1159	22 = 423	5 = 496	7c = 265
2b = 470	2e = 611	7a = 279	7d = 262
2c = 637	3 = 833	7b = 571	7e = 266
5. = 659			
6. = 748			
7. (a) = 669.5			
(b) = 764			

## 第 八 章

1. (a) .211 $\text{K}_2\text{O}$			
.078 $\text{CaO}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	3.89	$\text{SiO}_2$
(b) .245 $\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.37	$\text{SiO}_2$
(c) .229 $\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.73	$\text{SiO}_2$
.035 $\text{CaO}$			
(d) .112 $\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.63	$\text{SiO}_2$
(e) .156 $\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	4.72	$\text{SiO}_2$
.044 $\text{CaO}$			
(f) .157 $\text{K}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	5.47	$\text{SiO}_2$
.025 $\text{CaO}$			
.029 $\text{MgO}$			

2. 號數	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
1.	.127	.050	.043	.018	1.000	.609	3.725
2.	.087	.040	.037	.017	1.000	.609	3.325
3.	.055	.033	.033	.017	1.000	.609	2.92
4.	.088	.037	.023	.022	1.000	.609	2.59
5.	.050	.015	.030	.031	1.000	.607	5.33
6.	.065	.031	.019	.021	1.000	.609	3.82
7.	.128	.042	.034	.022	1.000	.611	4.20
8.	.118	.045	.029	.022	1.000	.609	3.04
9.	.048	.015	.030	.032	1.000	.607	4.72
10.	.156	.045	.046	.030	1.000	.607	3.55
11.	.176	.054	.042	.022	1.000	.610	3.94

3.

號數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
長石	165.8	166.8	163.8	224.0	250.1	209.6	194.5	278.0	44.5	55.6
白堊	45.0	35.0	70.0	20.1	15.0	10.8	10.0	5.0	24.0	30.0
球狀黏土	12.9	12.9	60.0	18.0	20.0	35.8	39.0	30.0	21.0	7.7
礬土			120.6		18.7		12.6	8.7	35.8	
礬石	48.1	48.1	240.0	24.2	36.0	18.0	42.0	18.0		32.4
BaCO <sub>3</sub>	49.3	39.4						19.7		
MgCO <sub>3</sub>							16.8			
ZnO		12.2		32.1	32.6	36.3	28.5	28.5	13.0	8.1
鉛丹										114.2
鉛白									118.7	
CuO										5.0

4.

號數	K <sub>2</sub> O	CaO	BaO	ZnO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	PbO	CuO
1	.300	.700				.800	4.50		
2	.300	.300	.209	.15		.35	2.7		
3	.45	.15		.40		.60	3.6		
4	.20	.30		.03		.35	2.65	.40	0.7
5	.30	.70				1.0	7.2		
6	.50	.05	.10	.35		.65	3.6		
7	.38	.11		.41		.52	2.8		
8	.10	.30		.10		.13	1.2	.50	

## 第 九 章

	1	2	3
$\text{Na}_2\text{O}_3$ .....	15.9	27.6	27.6
$\text{Pb}_2\text{O}_4$ .....	34.3	54.3	34.3
$\text{BaCO}_3$ .....	29.6		
$\text{CaF}_2$ .....	11.7		
$\text{ZnO}$ .....	4.07	4.07	4.07
瑪砂 .....	38.1	38.1	38.1
$\text{MgCO}_3$ .....	8.43		
輝長石 .....	83.5	55.7	55.7
磁石 .....	6.0	24.04	84.2
$\text{Sb}_2\text{O}_3$ .....	21.8	14.4	
$\text{KNO}_3$ .....		12.1	12.1
$\text{CaCO}_3$ .....		10.0	10.1
水晶石 .....		25.2	25.2
$\text{SnO}_2$ .....			7.54
4. (a)	(b)		
熔塊 .....	233.1	233.1	
鉛白 .....	77.5	77.5	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ .....	33.5	110.2	
土 .....	12.9	12.9	
磁石 .....	33.0	141.0	
公式原料配合量	390.0	574.7	
5. (a) .25 $\text{K}_2\text{O}$			
.05 $\text{Na}_2\text{O}$			
.50 $\text{CaO}$	.35 $\text{Al}_2\text{O}_3$	3.1 $\text{SiO}_2$	
.10 $\text{BaO}$	0.125 $\text{B}_2\text{O}_3$		
.05 $\text{MgO}$			
.05 $\text{SrO}$			

(b)	.30 $K_2O$		
	.50 $CaO$	.40 $Al_2O_3$	
	.10 $BaO$	0.35 $B_2O_3$	3.25 $SiO_2$
	.05 $MgO$		
	.05 $SrO$		
(c)	.40 $K_2O$		
	.40 $CaO$	.50 $Al_2O_3$	4.00 $SiO_2$
	.10 $BaO$	0.50 $B_2O_3$	
	.05 $MgO$		
	.05 $SrO$		
(d)	.40 $K_2O$		
	.40 $CaO$	.60 $Al_2O_3$	
	.10 $BaO$	0.50 $B_2O_3$	4.00 $SiO_2$
	.05 $MgO$		
	.05 $SrO$		

## 6. (a) 熔塊式

.1875 $K_2O$		
.0625 $Na_2O$		
.5000 $CaO$	.1875 $Al_2O_3$	2.875 $SiO_2$
.1250 $BaO$	.4375 $B_2O_3$	
.0625 $MgO$		
.0625 $SrO$		

## 熔塊配方

長石,	104.44
硼砂,	23.88
白堊,	50.00
$BaCO_3$ ,	24.63
$MgCO_3$ ,	5.25
$SrCO_3$ ,	9.19
硼酸,	38.75
磁石,	105.00

## 釉配製方

熔塊,	240.00
長石,	55.70
白堊,	10.00
黏土,	25.80

## (b) 熔塊式

.2500 $K_2O$		
.5000 $CaO$		
.1250 $FaO$	.250 $Al_2O_3$	3.625 $SiO_2$
.0625 $MgO$	.625 $B_2O_3$	
.0625 $SrO$		

## 熔塊製方

長石,	139.25
白堊,	50.00
$BaCO_3$ ,	24.63
$MgCO_3$ ,	5.25
$SrCO_3$ ,	9.19
硼酸,	77.55
磁石,	127.50

## 釉配製方

熔塊,	293.00
長石,	55.70
白堊,	10.00
黏土,	25.80

## (c) 熔塊式

.3750 $K_2O$		
.3750 $CaO$	.375 $Al_2O_3$	4.60 $SiO_2$
.1250 $BaO$	1.250 $B_2O_3$	
.0625 $MgO$		
.0625 $SrO$		

## 熔塊製方

長石,	208.83
白堊,	37.50
$BaCO_3$ ,	24.63
$MgCO_3$ ,	5.25
$SrCO_3$ ,	9.19
硼酸,	155.00
磁石,	105.00

## 釉配製方

熔塊,	360.00
長石,	55.70
白堊,	10.00
黏土,	25.80

## (d) 熔塊式

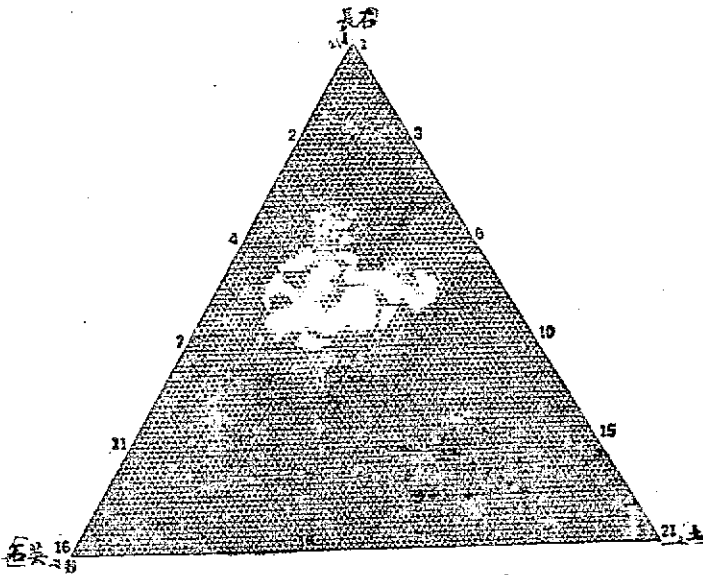
.2500 $K_2O$		
.1250 $Na_2O$	.375 $Al_2O_3$	4.000 $SiO_2$

.2500 CaO	.625 B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
.2500 BaO	
.1250 MgO	
熔塊配製方	
長石, 139.25	熔塊, 328.49
硼砂, 47.75	長石, 65.80
白堊, 25.00	白堊, 10.00
BaCO <sub>3</sub> , 49.26	黏土, 25.89
MgCO <sub>3</sub> , 10.50	
硼酸, 48.50	
礬石, 135.30	
土, 32.36	

## 第十 章

1. 354.2 加倫
2. 比重 1.37 之泥漿 =  $666\frac{2}{3}$  加倫  
 比重 1.78 之泥漿 =  $333\frac{1}{3}$  加倫
3. 27 % 泥漿之容量 = 33.5 公升  
 18 % 泥漿之容量 = 33.5 公升
4. 2.69 加倫
5. 水 = 846.4 加倫      長石 = 3575 磅  
 土 = 6484 磅          礬石 = 3932 磅
6. 矽酸鈉, 188.9 公分
7. 碳酸鈉, 1113 公分
8. 矽酸鈉溶液, 6484 公分
9. 黏土, 73.8 %
10. (a) 粘 10 = 300 公分      (b) 10 = 200 公分      (c) 10 = 100 公分  
       50 = 100 公分          50 = 200 公分        50 = 300 公分

11. (a) 10 = 358.6 公分 (b) 10 = 229 公分 (c) 10 = 109.7 公分  
 50 = 141.4 公分 50 = 271 公分 50 = 390.3 公分
12. (a) 10 = 780 公分 (b) 10 = 542 公分 (c) 10 = 282.6 公分  
 50 = 220 公分 50 = 468 公分 50 = 717.4 公分
13. (a) 10 = 420.4 公分 (b) 10 = 257 公分 (c) 10 = 130.2 公分  
 50 = 79.6 公分 50 = 243 公分 50 = 389.8 公分
14. 見第五圖圖解



- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| 15. A-K <sub>2</sub> O, 85 % | F-K <sub>2</sub> O, 30 % |
| SiO <sub>2</sub> , 15 %      | CaO, 50 %                |
| B-K <sub>2</sub> O, 50 %     | SiO <sub>2</sub> , 20 %  |
| CaO, 50 %                    | G-K <sub>2</sub> O, 30 % |
| C-K <sub>2</sub> O, 60 %     | CaO, 15 %                |
| CaO, 20 %                    | SiO <sub>2</sub> , 55 %  |
| SiO <sub>2</sub> , 20 %      | H-CaO, 100 %             |



$D-K_2O$ , 60 %	$I-CaO$ , 60 %
$SiO_2$ , 40 %	$SiO_2$ , 40 %
$E-K_2O$ , 40 %	
$CaO$ , 30 %	
$SiO_2$ , 30 %	
17. $A-Na_2O$ , 70 %	$E-Na_2O$ , 20 %
$B-Na_2O$ , 50 %	$CaO$ , 5 %
$GtO$ , 10 %	$BaO$ , 45 %
$FaO$ , 10 %	$F-Na_2O$ , 10 %
$C-Na_2O$ , 30 %	$CaO$ , 40 %
$CaO$ , 40 %	$BaO$ , 20 %
$D-Na_2O$ , 30 %	$G-CaO$ , 30 %
$CaO$ , 20 %	$BaO$ , 40 %
$BaO$ , 20 %	$H-Na_2O$ , 5 %
	$CaO$ , 10 %
	$BaO$ , 65 %

## 第十一章

號數	高嶺土岩	砂石	正長石	鈣長石	鈉長石	礬鐵鐵	水
1 a	61.80	28.68	5.79	2.84	.....	1.25	0.04
1 b	60.20	27.33	.....	2.84	8.28	1.25	0.25
2 a	58.92	29.70	6.15	3.23	.....	1.03	0.95
2 b	57.20	28.24	.....	3.23	8.79	1.03	1.19
3 a	59.72	31.55	4.93	1.73	.....	0.71	1.30
3 b	58.55	20.40	.....	1.73	6.81	0.71	1.46
4 a	79.42	12.14	5.01	1.95	.....	1.25	0.06
4 b	78.45	11.18	.....	1.95	6.82	1.25	0.25
5 a	77.94	-0.24	17.82	.....	.....	1.42	2.59
5 b	73.88	-4.09	.....	.....	25.18	1.42	3.17
6 a	57.88	.....	8.35	0.70	.....	3.20	0.23
6 b	85.82	1.92	.....	0.70	12.07	3.20	0.50
7 a	57.89	14.85	25.62	.....	.....	0.36	1.80
7 b	51.90	9.31	.....	.....	36.19	0.36	.....

## 第十二章

- |                             |                              |                              |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1. $289.0 \times 10^{-7}$ . | 8. $251.1 \times 10^{-7}$ .  | 14. $309.7 \times 10^{-7}$ . |
| 2. $226.2 \times 10^{-7}$ . | 9. $264.5 \times 10^{-7}$ .  | 15. $189.7 \times 10^{-7}$ . |
| 3. $247.3 \times 10^{-7}$ . | 10. $169.7 \times 10^{-7}$ . | 16. $297.7 \times 10^{-7}$ . |
| 4. $240.6 \times 10^{-7}$ . | 11. $264.7 \times 10^{-7}$ . | 17. $148.7 \times 10^{-7}$ . |
| 5. $289.1 \times 10^{-7}$ . | 12. $276.7 \times 10^{-7}$ . | 18. $242.7 \times 10^{-7}$ . |
| 6. $286.6 \times 10^{-7}$ . | 13. $223.7 \times 10^{-7}$ . | 19. $224.7 \times 10^{-7}$ . |
| 7. $267.0 \times 10^{-7}$ . |                              |                              |

## 第十三章

- |                 |               |               |
|-----------------|---------------|---------------|
| 1. (a) 429.6    | (b) 889.4.    | (c) 139.4.    |
| 2. (a) 201.4    | (b) 1468.2    | (c) 604.4.    |
| 3. (a) 1.84 mm. | (c) 0.314 mm. | (e) 0.068 mm. |
| (b) 0.73 mm.    | (d) 0.187 mm. | (f) 0.94 mm.  |

中華民國二十九年八月初版  
中華民國三十六年六月再版

◆(63344)

職業學校  
教科書  
窯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

\*\*\*\*\*  
版 權 所 有  
翻 印 必 究  
\*\*\*\*\*

原 著 者

A. I. Andrews

譯 述 者

張 維 傑  
林 維 傑

發 行 人

朱 經 農  
上海河南中路

印 刷 所

商務印書館  
商務印書館

發 行 所

商務印書館  
各地

(本書校對者徐壽齡) 泰

