

132843 基本館藏

牙 科 材 料 學

朱 希 濤 編 譯



人 民 衛 生 出 版 社

牙 科 材 料 學

朱 希 濤 編 譯

•
一九五四年·北京

內 容 提 要

本書共分十六章，分別介紹牙體修復學和義齒修復學所用的重要材料如燬石膏、印模材料、粘固粉、包埋劑、汞合金以及金箔和瓷等，都從它們基本知識談到臨症應用，並闡明應用中的注意事項。本書不但可供口腔科學生作為學習資料，也可供一般口腔科醫師臨症工作的參考。

牙 科 材 料 學

書號: 1539 開本: 787 x 1092/25 印張: 6 $\frac{2}{25}$ 字數: 114千字

朱 希 濤 編 譯

人 民 衛 生 出 版 社 出 版

(北京書刊出版業營業許可證出字第〇四六號)

• 北京南兵馬司三號 •

人民衛生出版社長春印刷廠印刷 • 新華書店發行

印數: 1—5,000

1954年6月第1版—第1次印刷

(東北版) 定價: 7,100元

序 言

牙科材料學是口腔醫學修復部門的重要基礎科學之一。它的主要內容是研究修復材料的組成、性質、功能以及用法等。學習材料學應具有化學、物理及冶金學的一般基礎知識。

本書的目的主要是供給口腔科學生一個學習教本，其次是供給一般口腔科臨床工作者作為參考資料。過去反動政府對口腔醫學未加重視，因此對修復材料的製造毫不加以研究；於是，我國所用的材料不能不全部仰給於國外。本書只是初步地作一介紹；希望我國口腔醫務工作人士對於材料方面的研究發生興趣，努力鑽研，使今後修復材料能隨着祖國工業的發展而達到自力生產。

有關材料學完善的中文書籍，現在尚不多見，但願這本書能起到拋磚引玉的作用，將來不久會有同志們根據自己的經驗寫出一本更完善的材料學，這也是編者的一點希望。

本書主要內容係採自 Eugene W. Skinner: The Science of Dental Materials (1946 年第三版)。凡牙體修復學、義齒修復學所用的主要材料皆分別列入，而取材多偏重於臨床的應用方面。編者學識淺陋，錯誤所不能免，務希讀者多提寶貴意見，以資修正。

本書第十六章係請魏治統教授寫成，毛燮均教授和胡郁斌教授在付印前校閱，並提出很多寶貴的修正意見，特此致謝。

朱 希 濤 於北京醫學院口腔醫學系

一九五四年二月二日

7AP37/13

目 錄

第一章	煨石膏的製造和它的性質·····	(1)
第二章	煨石膏的功能以及它的處理方法·····	(11)
第三章	印模材料：印模膠、印模糊劑、 彈性印模材料·····	(15)
第四章	托牙基底板材料·····	(25)
第五章	丙烯酸酯塑膠的性質及其用法·····	(28)
第六章	磨平劑(磨擦劑)與磨光劑·····	(45)
第七章	粘固粉類(水門汀)： 磷酸鋅粘固粉(磷酸鋅水門汀)·····	(51)
第八章	矽粘固粉(瓷粉)·····	(61)
第九章	金嵌體熔鑄包埋劑·····	(71)
第十章	嵌體蠟·····	(84)
第十一章	鑄造法(或熔鑄術)·····	(89)
第十二章	熔鑄合金金·····	(99)
第十三章	金屬的接連·····	(109)
第十四章	汞合金·····	(116)
第十五章	金箔(金薄，金頁)的性質及用法·····	(136)
第十六章	瓷的性質和它的用法·····	(140)

第一章

煨石膏的製造和它的性質

石膏石就是生石膏，加熱後便成煨石膏。煨石膏在二千年前已經用來製造藝術品，直至十七世紀中葉才應用到牙科學上來。

在牙科上，煨石膏是一種用途最廣的材料。熔鑄包埋劑和鋸接包埋劑，都以牠為主要成分；製造印模及模型時，又是一種很好的材料。印模就是口腔一部分組織的陰型模子。在這印模裡，灌進了煨石膏，乾後，除去這印模的煨石膏，便得到一個煨石膏的模型。一般說，模型的煨石膏，須較印模煨石膏更堅固。

煨石膏是一種結晶物質，屬於斜方晶系，普通的石膏石是單斜晶系的；硬固後的煨石膏，由無數微小的晶體所構成。此等晶體彼此交織而結成固體，各小晶體之內皆有其一定的結晶格子，而每個晶體的方向都與其鄰近的晶體不同，所以成此交織的形態。

煨石膏之製造

煨石膏係由石膏石煨成的。天然的石膏石含有雜質，如天然硬石膏(CaSO_4)、碳酸鹽、氧化鈣、還有少量的砂土，不過這些雜質都是怠緩物質，對於煨石膏本身的物理性質沒有很大的影響。

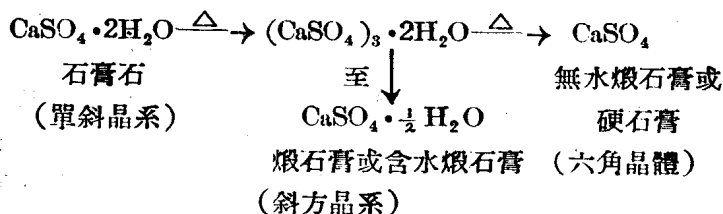
將石膏石煨成煨石膏，就在除去其中的結晶水。方法是先將石膏石磨碎，然後在爐中加熱烘焙，在烘焙時，須不斷的攪拌，所加溫度須在 $235^{\circ}-250^{\circ}\text{F}$ ($113^{\circ}-120^{\circ}\text{C}$) 之間。結晶水除去後，石膏石變成白色粉末，再加熱，達至 $300^{\circ}-330^{\circ}\text{F}$ ($149^{\circ}-165^{\circ}\text{C}$) 使之變乾，即成煨石膏。

另外有一種煨石膏叫含水煨石膏，它的化學性與普通煨石膏相同，但是製造方法不一樣。先將石膏石磨碎，放入一密閉的鍋中，加熱至 253°F (123°C)，同時並加以每平方吋 17 磅之水蒸氣壓力，至五小時或七小時之久，再將蒸汽放出，然後在大氣壓力下使之變乾。用此法製成的含水煨石膏，它的顆粒較普通煨石膏細小而均勻，並且沒有微孔。含水煨石膏為牙科人造石的主要成分。

關於煨石膏的化學構造，現在尚不十分了解，大概說，它的構造式可從 $(\text{CaSO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 到 CaSO_4 ，不過一般公認而最常用的化學式為 $(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

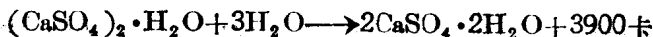
如將石膏石加熱至 $1,000^{\circ}\text{F}$ (540°C) 時，所有結晶水可除去無餘，此時即變成硬石膏 (CaSO_4)。硬石膏並非煨石膏，因二者之結晶格子不同，與天然所產之硬石膏相同。

石膏石加熱後的改變，可用下式來表示：



煨石膏的硬化作用

煨石膏與水混合，為一可逆反應，假使半失水石膏石為煨石膏中之主要元素，則其作用式如下：



作用當然不像上式那樣簡單。煨石膏如何硬化，曾經有許多學說加以解釋，其中以膠體學說最為一般學者所公認。先將煨石膏溶化於水，使成飽和溶液。在作用進行當中，有熱產生。此溶液中有兩種物質存在：一種是吸水完全的物質，便是石膏石；一種是吸水不完全的物質，叫做吸水煨石膏。於是因石膏石的不斷形成，

而溶液成爲過飽和狀態；再因吸水煨石膏的形成，更比當初的煨石膏不易溶於水，故溶液漸成膠凝體。因此過飽和的石膏石，凝成針狀晶體，彼此交織成網，而膠凝體的吸水煨石膏，浸潤在網狀晶體中，成爲緻密的固體。結晶作用的形成，非有結晶核心不可，在此作用中，石膏石的晶體，即爲此種結晶作用的結晶核心。此種核心可能是很小的，但永遠是結晶形成的核心。

煨石膏的硬固時間

煨石膏與水作用時間的長短，是非常要緊的；尤其在取印模時更甚，因爲在取印模時，倘煨石膏硬固太慢，病人會感到不舒適，如作用太快，則又不能有充分的工作時間。

硬固時間一般可分爲：初硬固時間與末硬固時間；此二時間均由試驗來測定，乃由煨石膏與水混合開始時計算起，到試驗完成時止。此等時間計算方法很多，現在介紹兩個在下面：

一個試驗的方法是利用格氏試針，圖 1 所示爲該針的構造。它有大小針各一，小針重 $\frac{1}{4}$ 磅，其尖端的直徑爲 $\frac{1}{12}$ 吋；大針重一磅，其尖端直徑爲 $\frac{1}{2}$ 吋。用定量的水與煨石膏混合；注入一淺底器皿中，然後將針順着垂直方向，將尖端輕輕放於煨石膏的表面上。於是以試針自身的重量刺入煨石膏內，由煨石膏攪拌開始時計算起，至小針終止往下穿刺時爲止，此時間即爲初硬固時間。再用大針依同樣方法與程序作試驗，所得之時間爲末硬固時間（圖 1）。

另一方法，是用衛氏試針（圖 2），該儀器有一重 300 克的活動中柱，其下端連有直徑 1 毫米長 5 厘米之針，中柱上連一指針，中柱外套有標誌。煨石膏加水攪拌後，注入一柱狀器皿中，然後將針輕輕放下，至煨石膏之表面，由開始攪拌時計算起，至試針終止往下穿刺時止，此時間即爲初硬固時間。

末硬固時間，在臨症上很重視，尤以在取印模時更爲重要，因此時間即印模在病人口中的時間，亦即由病人口中取出的時間。

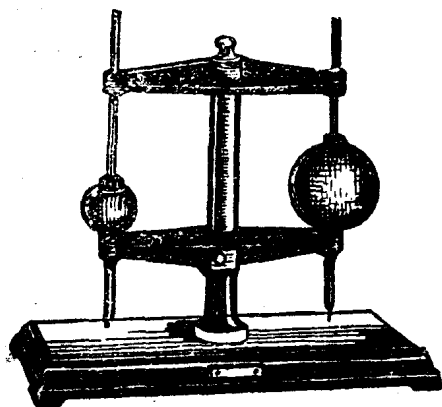


圖1 格氏試針

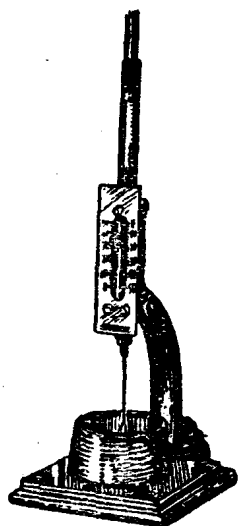


圖2 衛氏試針

此時的煨石膏尚不很堅硬，但裂碎時能呈清楚的切斷面，因此很容易鑲嵌成一完整的印模。

影響煨石膏硬固時間的因素

在臨症上有幾種因素，可以影響或控制煨石膏的硬固時間：

1. 煨石膏的製造方法；
2. 攪拌時間的長短與攪拌量的多少；
3. 水與煨石膏的混合比例；
4. 溫度；
5. 硬固加速劑（催固劑）與硬固遲緩劑（緩固劑）及其他新質的加入。

茲將影響硬固的各因素分別講述如下：

1. 煨石膏製造方法：普通煨石膏的製造，是先將石膏石磨碎，然後加熱烘焙，但總有些小的石膏石晶體存在於製成後的煨石

膏內。此等晶體可以縮短煅石膏的硬固時間，因此等小晶體可為結晶形成的核心，所以此等晶體越多，硬固作用也越快。

製造時，此種因素易於控制，故在應用上無關重要。

2. 攪拌時間的長短與攪拌量的多少：在二者混合後，攪拌量越大，它的硬固時間越短；所謂攪拌量，是指包括攪拌時間與速度而言。一般說來，時間較速度尤為重要。當然，攪拌速度增加時，二者很快變成溶液狀態，不過是否能影響結晶速度，尙成問題。

在煅石膏開始與水接觸時，即有晶體形成。已形成的晶體，在攪拌時被攪碎，成為較小的晶體。此等小晶體即成為結晶核心，因此加速了硬固作用。加長攪拌時間，即是增加了結晶核心的數量，亦即間接加速了硬固作用。

表 1 w/p 比與攪拌時間對煅石膏物理性質的改變

w/p (毫升：克)	攪拌時間 (分)	硬固時間 (分) (秒)	硬固膨脹 (%)	乾抗拉強度 (磅/平方吋)
45:100	0.5	5 15	0.41	3400
45:100	1.0	3 15	0.51	3800
60:100	1.0	7 15	0.29	2600
60:100	2.0	4 30	0.41	2000
80:100	1.0	10 30	0.24	1600
80:100	2.0	7 45		
80:100	3.0	5 45		

由上表，可知攪拌時間能影響硬固時間。如以 45:100 與 80:100 二者之 w/p 比論，雖然比率不同，但如前者的攪拌時間為半分鐘，而後者為三分鐘，則結果兩者的硬固時間幾相等。

3. 水與煅石膏的混合比率（簡稱 w/p 比）：按表一，知在同一攪拌時間所用水量越少，硬固時間也越短。因為煅石膏量的增加，也就增加了結晶形成的核心。

在理論上，煅石膏與水混合時，僅需 18.6% 之水（按重量計），

即可使煅石膏轉變成石膏石。但在臨症上，需超出這量的數倍，才能調合成一可用的流體。因為煅石膏的顆粒，需吸收過量水後，才能在應用上自由流動。

4. 溫度：當溫度增至 30°C (85°F) 時，煅石膏硬固時間減短。在 30°C 與 50°C (85° 與 122°F) 之間，硬固時間維持定數，並不改變。如溫度再升高，硬固時間便要增加。在 10° 至 20°C 之間，硬固時間因煅石膏之類型不同，可減為三分至十分鐘，在普通室溫 (20° 至 30°C 間)，煅石膏之硬固時間沒有很大的改變；特別是快乾的印模煅石膏。總之，如不用過冷或過熱的水，則溫度對硬固時間影響不大。

5. 硬固加速劑與硬固遲緩劑：有多種物質能使煅石膏的硬固時間加速或變慢。凡是某種物質能使煅石膏的硬固時間加速的，叫硬固加速劑；反之，使煅石膏硬固時間延長的叫硬固遲緩劑。

一般說來，除硫酸鐵 $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ 為一種硬固遲緩劑外，所有可溶性的硫酸鹽，皆為硬固加速劑。

所有的硬固加速劑，須是稀溶液，否則將失去它的作用，基布遜氏曾作試驗，證實加速劑與遲緩劑的作用，例如以 48 毫升水與 80 克煅石膏混合 (w/p 比為 0.5)，攪拌一分鐘，其硬固時間為 10.5 分鐘，但以 3.4% 之硫酸鈉 (Na_2SO_4) 溶液代水時，它的硬固時間可減少至三分鐘。如用較濃或較淡的液體，硬固時間反而增加。如用 12% 之硫酸鈉時，則其硬固時間較不用硫酸鈉時為長。下面介紹幾種常用的加速劑和遲緩劑：

酒石酸鉀鈉 ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)，是一種有力的加速劑，在 7% 濃度時，它的作用最為顯著。

氯化鈉 (NaCl) 也是一種加速劑，在 4% 的濃度時，其作用最顯著，8% 以上的溶液，反使硬固時間變長；30% 的溶液，可使硬固時間增長至 30 分鐘。在可能情形下，應少用氯化鈉為加速劑，因其使硬固後的煅石膏形成一粗糙的表面。

2 % 硫酸鉀 (K_2SO_4) 可能是一種最可靠而最有力的加速劑，牠能使煨石膏的硬固時間減至一分廿四秒，如濃度增至 8 %，硬固太速，便不適於臨症上的應用了。

在臨症上，我們很少用硬固遲緩劑，但煨石膏的製造廠家常常加以遲緩劑，此等物質的加入，可能是使煨石膏的顆粒成一保護膠體，因之使水不易與煨石膏起作用。醋酸鉀、琥珀酸鹽、林檎酸鹽與枸橼酸鹽，都是硬固遲緩劑。醋酸鉀在 2 % 以上的濃度時，也可為硬固遲緩劑。在普通 w/p 比例與攪拌時間，8 % 的醋酸鉀，可使煨石膏硬固時間延至四小時之久。

硼砂 ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)，1 % 以上的溶液是一個好的遲緩劑；2 % 之硼砂溶液，可使硬固時間延至八小時。

一般而論，如煨石膏中已加入加速劑或遲緩劑時，攪拌的時間對於硬固時間是沒有什麼影響的。

硬固膨脹

在煨石膏硬固後，它的線膨脹為 0.15—0.40 %。煨石膏的膨脹，自初硬固時起，可繼續至數小時之久。製煨石膏模型，必須與口腔中情形完全一樣。如用煨石膏製取印模，當其膨脹時，因為受到印模托盤兩翼的限制，不能往外發展，以致煨石膏向中上彎曲，而使穹窿變深（圖 3）。

如用此變形之印模來鑄造煨石膏模型，所得之結果，與印模所得之差誤相同（圖 4）。

幸而硬固膨脹是可以控制的，在表(1)中，知混合煨石膏時，如水量增加，攪拌時間減短，則硬固膨脹會減少，惟在臨症上，應用這些方法是不够的。

在加速劑與遲緩劑二者合用時，可以減少煨石膏的硬固膨脹，例如 4 % 的硫酸鉀，可將煨石膏的膨脹減少至 0.06 %。硼砂的濃溶液，雖然可以增加膨脹，但是很小，可以不必計算。據研究的結果，所有的加速劑與遲緩劑皆可使煨石膏的硬固膨脹減少。但醋

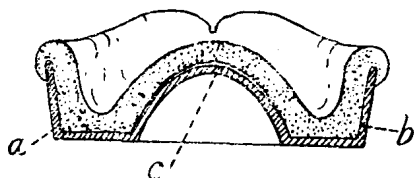


圖 3 示煨石膏印模取出後，因印模托盤兩翼a與b限制煨石膏向外膨脹，結果中部向上膨脹如c所示。

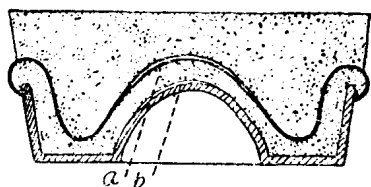


圖 4 所示是用已變形之印模來鑄成的模型。a.表示因印模托盤的兩翼限制煨石膏向外膨脹，結果亦向中上處彎曲。b.示印模變形處。

酸鉀為例外，它在某些情況下是使膨脹增加的。

普通煨石膏的初硬固時間為 5 分 40 秒，在 23 小時的總膨脹為 0.27%。如在水中加以 1% 硫酸鉀，可使煨石膏的初硬固時間變為 2 分 50 秒。在 23 小時的硬固膨脹為 0.12%；如多加硫酸鉀時，膨脹仍可減少，但硬固時間太快，不適臨床上應用。因此可加入硼砂以中和硫酸鉀的硬固加速作用，這樣既可減少煨石膏的硬固膨脹，又可減短硬固時間。有多種液體有此種功用，現在舉一個例子以供參考（抗膨脹液體）：

硫 酸 鉀	4%
硼 砂	0.6%
茜草色素 S	0.04%

茜草色素 S 是一種染料，它有遲緩劑的功用，同時也在煨石膏中加上了一種顏色。當用上液體 60 毫升與 100 克煨石膏混合時，約在 3 分鐘左右即硬固，在 24 小時的總膨脹為 0.06%。

有些商家出售的印模煨石膏中，已加有化學藥品，以調節它的膨脹與硬固時間。

最終韌性

因測量方法的不同，煨石膏的韌度也不一樣，如所測量的標本中，水份仍然存在；則所測得者為濕韌度，反之，如用乾後的標本，則所得為乾韌度。兩者之區別很大，有時乾韌度較濕韌度大二、三倍，這是因為剩餘膠凝體在彼此交錯的石膏石晶體中間，發生黏固基質的作用之故。此種作用在乾後較濕時尤為顯著。

表 2 煨石膏的變乾時間與韌度的關係

變 乾 時 間 (小 時)	抗 挫 韌 力 (磅/平方吋)	重 量 的 損 失 (%)
2	1400	5.1
4	1700	11.9
8	1700	17.4
16	1900	—
24	3400	18.0
48	3400	18.0
72	3400	—

在上表中可看到第 8 小時與第 24 小時，所有水份之損失僅差 0.6%，但抗挫韌力則差一倍。故在臨症上，利用煨石膏製品，須等到 24 小時為佳。煨石膏內水分的揮發，與室內相對溫度、濕度以及它的本身的體積有關，普通可將煨石膏模型放入熱爐中，但爐內須通風良好，且溫度不可過高，否則結晶水將完全排除，而成硬石膏，致減低它的抗挫韌力。

按表 1 中，可知在混合時，用水越多，它的抗挫韌力越小。在

同表中，又可知在一定的範圍內，增加攪拌時間，也就增加了抗挫韌力。但如攪拌過久，可能損壞晶體，因之反又減少抗挫韌力。有人報告用機械方法攪拌煨石膏，同時再給以適當的振動，比用手攪拌而沒有振動過的煨石膏，抗挫韌力要大40%。所以在攪拌前後，給以適當之振動，非常要緊；因為它可以使煨石膏成一均勻而沒有氣泡的混合物。

一般而論，硬固加速劑與遲緩劑可以減低煨石膏的韌性，但硼砂與某些加速劑可以增加它的表面硬度。

第二章

煨石膏的功能以及它的處理方法

煨石膏的用途不一，所以它的處理方法也不同，現在分別討論如下：

印模煨石膏

印模煨石膏的硬固時間需要短而準確，方能使病人舒適而給醫生以便利。另一條件是需要較低的硬固膨脹，故須加入硬固加速劑與硬固遲緩劑。

在病人口中，如有倒凹，須將石膏模折成數片，然後取出，再拚對成整體。因此所用煨石膏必須具有脆性，方能便於折斷，且在折斷後，須呈一清楚之斷面，以便拚對。

有些印模煨石膏因為要使易與模型分別，故加有色素劑，也有加香味的，還有加入澱粉的，稱為「可溶性煨石膏」。此種煨石膏印模放入熱水中，因為澱粉遇熱便脹大，所以印模煨石膏即瓦解而與模型分離。

在調拌時，印模煨石膏與水須仔細衡量。這樣不但可以求得適當的硬固時間，同時在硬固期間不致有過多的熱量產生，而增加病人的不快，亦不會對口腔組織有所傷害。例如 60:100 混合時，可使溫度升高 22°C (40°F)。如原用液體之溫度不高，則此高昇的溫度，不會對口腔組織有所損害。但有些醫師，喜用溫水混合煨石膏，此時 w/p 比需要較高些，以免產熱過多而損及口腔組織。

模型材料應具有的條件

印模取出後，應立即鑄成模型。一個理想的鑄模型材料應具下列條件：

1. 硬固較快，但需有充分的工作時間。
2. 硬固後須成一堅固結實的固體。
3. 在混合後，須成一合宜的稠度，以便順利地流入印模中的每一細小角落裡。
4. 在硬固時，不膨脹，亦不收縮。
5. 既硬固後，在正常情形下，不會發生變形。
6. 在一般牙科應用上，不論經過任何方法處理，它的抗挫韌力不至減少。

模型材料

在製作托牙時良好的模型是非常重要的。製作托牙之法，先在模型上作成蠟型，並將二者包埋在牙盒中，再將蠟化去，而注入托牙材料於模中，然後加以適當之壓力與溫度。普通採用的溫度約在 100°C — 110°C 之間，有時甚至高到 160°C ，所以模型或包埋所用之煨石膏必須有相當的韌性，否則遇此溫度或相當高度的壓力，可能有變形的危險而影響托牙的準確性。

石膏石加熱至 115°C — 118°C (239° — 245°F)，其中的結晶水即揮發而變成半失水石膏石。此種改變，最少可以損失韌性60%，同時也有膨脹的現象發生。此等改變，會影響托牙之變形，所幸吾人目前使用托牙材料如丙烯酸酯塑膠等，處理時所需溫度僅為 100°C ，因之對煨石膏的韌性毫無損失，模型亦不受若何影響。如以上述觀點來選擇模型材料，含水煨石膏可謂一良好的模型材料。

含水煨石膏

含水煨石膏與煨石膏在化學上區別很微，但二者的物理性完全不同。煨石膏的顆粒是半失水石膏石晶體聚集而成的，有微孔存在；但含水煨石膏之顆粒為清晰之晶體，沒有微孔存在，故前者