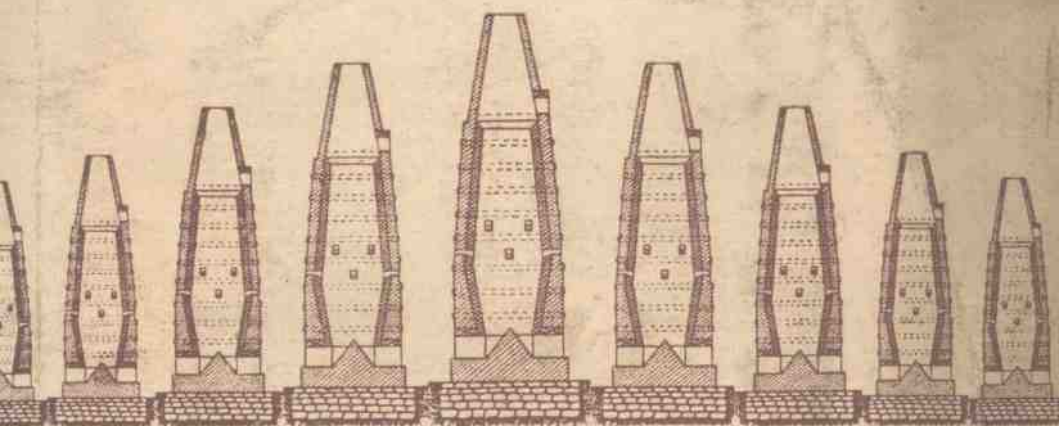


怎样燒石灰

A. C. 克拉門 著

高 虹 楊國藩 合譯



重工業出版社

怎样燒石灰

A. C. 克拉門 著

高 虹 楊國藩 合譯

重工業出版社

這本小冊子在蘇聯是供給在農業地區從事於石灰生產的工作人員用的。在這本小冊子裏，除了石灰石的開採與煅燒、以及石灰的消化和由它製造石灰漿的許多實際說明之外，還包括了一些理論性問題的闡述。例如給予了在製造石灰時發生的一些過程的概念，引述了石灰性質、原料和燃料的規格。還闡明了在各種類型石灰窯中的煅燒過程。由於我國的石灰生產在現階段還都是規模不大的手工業方式的，本書可供我國生產及使用石灰的廣大工作人員參考。

А. С. КРАММ

ПРОИЗВОДСТВО ИЗВЕСТИ

Промстройиздат (Москва — 1954)

* * *

怎樣燒石灰

高虹 楊國藩 合譯

重工業出版社（北京市燈市口甲45號）出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第〇—五號

* * *

重工業出版社印刷廠印

一九五六年二月第一版

一九五六年二月北京第一次印刷（1—1,038）

787×1092·1/25·57,000字·2 $\frac{16}{25}$ 印張·定價（9）0.57元

書號 0379

* * *

發行者 新華書店

目 錄

原序.....	(4)
石灰、它的性質與製取條件.....	(5)
石灰石的開採.....	(10)
石灰窯中的燃料及其燃燒.....	(17)
石灰窯的建造.....	(22)
1. 野窯.....	(22)
2. 環形窯.....	(31)
3. 豎窯.....	(32)
石灰窯的使用.....	(41)
1. 野窯內的煅燒.....	(41)
2. 環形窯內的煅燒.....	(42)
3. 豎窯內的煅燒.....	(48)
石灰的消化與石灰漿的製備.....	(58)
石灰製造的安全技術.....	(62)
結束語.....	(64)

原 序

在 1953 年 9 月 7 日蘇聯共產黨中央委員會全體會議「關於蘇聯農業進一步發展的規模」的決議中，指出了在最近期間實現新的巨大的農業生產高漲的途徑。

特別是這個決議預見到在集體農莊興建為數幾千萬頭牲畜的廄房的廣闊計劃。

完成這個計劃以及廣泛地發展農村的文化生活建設，都需要很大數量的建築材料，而其中首先就是磚瓦和石灰。

除了以集中的方式以及按地方工業與合作社工業的組織系統解決對集體農莊擴大供應建築材料的問題而外，黨中央委員會九月決議還建議集體農莊，在合理的經濟原則下，用自己的力量和資金來製造磚瓦和石灰。

這本小冊子的目的在於——提供給集體農莊以及地方工業與合作社工業的工作人員在組織生產石灰時所必需的知識。

石灰、它的性質與製取條件

在高溫下燬燒石灰石所得的具有膠結性的產品就叫做石灰。石灰的這些性質就成為將它使用於建築業中的條件，而用以製成砌築房屋牆壁、粉刷等所用的建築溶液。

石灰從窖中卸出後（即所謂「球石」或「生石灰」）是一種很輕的大小和顏色不同的碎塊。

石灰基本上是由叫做氧化鈣和氧化鎂的固體物質以及各種雜質（黏土物質、二氧化矽等）所組成的。氧化鈣和氧化鎂（它們是在燬燒石灰石的時候形成的，參看第8和9頁），賦予石灰以膠結性質和在空氣中硬化的能力。而所有其餘的雜質却破壞着石灰的膠結性。

如果將生石灰加水潤濕，則它就開始吸水和「消化」。在石灰塊消化的時候就裂開而碎成粉末，同時放出大量的熱，使水開始沸騰（因此叫做「生石灰」）而從被水潤濕的石灰逸出水蒸汽。

根據往石灰裏加進水分的多少，生石灰可變成細粉（即所謂「消石灰」）、石灰漿、或者最後變成石灰乳。

通常在建築上，石灰在使用以前，要預先將其消化，變成石灰漿（參看第58到61頁）

斯大林獎金獲得者 И. Б. 斯米爾諾夫的一些著作確定了，如果將細碎的生石灰消化時使用準確的一定數量的水分，則石灰的凝固和硬化就像其他膠結性物質（水泥、石膏）一樣，而且所得成品具有較高的強度。因此證明了磨碎的生石灰能夠成功地應用在建築上而不需事先將其消化。

為了製取細碎的未消化的石灰，需要專門的粉碎機和其他需要較多電能的機械，但這在所有的農村暫時還不可能都辦得到。因此，在這裡不擬詳細敘述這種製造與使用石灰的方法。

製造石灰的原料是那些在自然界中分佈最廣泛的由碳酸鈣、碳酸鎂以及一些雜質所組成的石灰質岩石。石灰質岩石（石灰石）中含量最多的是碳酸鈣，碳酸鎂含量的多少視礦石形成時的條件而定。

適於製造石灰的石灰質岩石有下列幾種：

- 1) 結晶顆粒狀的石灰石，或大理石；
- 2) 緻密石灰石；
- 3) 鬆軟石灰石；
- 4) 白堊；
- 5) 石灰質凝灰岩；
- 6) 介殼石灰岩。

由這些岩石所製得的膠結物質的性質以及其使用範圍，均根據其中碳酸鎂和黏土雜質含量而定。

由純石灰石可製得白色石灰，叫做氣硬石灰，應用於建築業和其他許多工業部門（如作為化學藥品）作為膠結材料。含有 10% 或更多的碳酸鎂的石灰石可以製得灰色氣硬石灰，它與白石灰的區別就是它消化較慢。由這種石灰所配製的建築溶液具有較大的強度。

石灰石中有雜質存在就造成下述的各種顏色：白的、黃的、玫瑰色的、綠色和暗灰色的。二氧化矽是最有害的雜質，有時它均勻地分佈在整個的石灰石裡，就好像滲透到石灰石裡一樣，這種岩石叫做蛋白土。在另外一些情況下，二氧化矽填充在石灰石岩層的空隙裡，形成二氧化矽包容物和夾層。它能够以各種大小的砂子形式存在於石灰石裡。

通常適用於加工製成氣硬石灰的石灰石含二氧化矽為 1—2%，在某些條件下也有到 5% 的。由含大量二氧化矽的石灰石所製得的石灰，其膠結性顯著惡化，這種石灰叫做貧石灰。由於上述理由，蛋白土與一般含有大量二氧化矽的石灰石，都不適於用來製造石灰。

開採石灰石時用下列方法可以很容易地確定蛋白土：如果在採得的原料塊上用尖的金屬器具（例如丁字鎬）劃一劃，則在石灰石上就會出現白色擦傷痕跡，而在蛋白土上則不留任何痕跡。

在石灰石中的大量黏土物質——到 6%——實際上是不影響由這種石灰石所製得的石灰的性質。

當石灰石中存在着大量的黏土雜質（高過 10%）時，則所製得的膠結性物質具有水硬性質，換言之，由這種膠結物質所製得的建築

溶液具有不單在空氣中而且也在水中硬化的能力。同時，石灰石中黏土雜質含量越高，則這類石灰的水硬性質表現得越是強烈。

水硬石灰根據黏土雜質的含量，或者只有一部分消化，或者完全不消化；爲了使其具備膠結性物質的性質就需要將它事先細細磨碎。

差不多所有的石灰石都是由那些各種細小的生物殘骸所形成的。它們是幾百萬年以前居住在有個時期被海水淹沒過的陸地上。

這種生物死亡了就沉到了海底，這樣就生成由貝殼、甲殼、骨骼等等所組成的岩層，這些東西是由碳酸鈣所組成的，而碳酸鈣又是石灰石的主要組成部分。經過相當時間以後，這種鬆軟的岩層漸漸變得緻密，而轉變成更爲堅硬的岩石。

這種地層形成的時間越久，石灰石越緻密而堅硬。

含土的和鬆軟的石灰石，介殼石灰岩和一些種類的白堊形成的年代比較晚。緻密的與結晶的石灰石形成的年代要早得多。

石灰石越是「近代的」，它的結構就越鬆軟，也越容易在它裡面發現生物的殘骸。

例如，在介殼石灰岩裏，用肉眼就看得見介殼，而在白堊裡它們還很小，只有在顯微鏡下才看得見。

分佈最廣的石灰石——緻密石灰石，主要是用它來製造石灰。

各種石灰石適用於製造某種石灰，即石灰的適用性，要在專門的實驗室裡來測定。

如果進行這樣的實驗有困難時，爲了測定石灰石的適用性，可在不大的野窖——堆窖（詳細敘述見第22到23頁）內進行該石灰石的試驗性煅燒，然後在它消化時和建築溶液中來檢定石灰的質量。

如上所述，石灰是由煅燒石灰石（在特別的窖中）而製得的。

當強烈加熱石灰石時，其所含的碳酸鈣就分解，結果分離出二氧化碳氣體，同時留下固體物質——氧化鈣。

當1公斤碳酸鈣完全分解就放出440克（佔44%重）二氧化碳氣體，同時生成560克（佔56%重）氧化鈣。

用同樣的方法使碳酸鎂分解，1公斤碳酸鎂分解可得480克固體物質——氧化鎂與520克二氧化碳。

所有存在於石灰石中的其餘的雜質，在石灰石煅燒以後都留存於石灰中。因此，石灰石含雜質越多則石灰中含雜質也越多。並且它的性質和質量也將會相應地改變。

因為在煅燒時生成大量二氧化碳由窖中排入大氣，所以製取 1 公斤石灰就要耗費更多的石灰石，其數量決定於石灰石的成分（其中含多少碳酸鈣和碳酸鎂）和煅燒是否充分。

製取 1 公斤質量良好的石灰平均需要 1.7—1.8 公斤石灰石。

碳酸鈣與碳酸鎂的分解，並不是在石灰石加熱到同一溫度下發生的；在 700°C 時碳酸鎂分解，而當石灰石的溫度達到 900°C 時，碳酸鈣開始分解。

為了使 1 公斤碳酸鈣分解，必須將石灰石加熱到 900°C 之後，還要耗費 425 大卡的熱量，而使 1 公斤碳酸鎂分解—340 大卡^①。

在煅燒石灰石時實際上耗費的熱量比上面所說的要多得多，因為石灰窖有很大的熱量損失（關於在各種窖中煅燒石灰時熱量消耗的詳細情況，在下面敘述各種窖時再談）。

石灰石塊的燒透最緩慢，因此如欲充分地迅速地燒透塊的整個厚度，即是說要使其中所含的碳酸鈣完全分解，窖中的溫度應該超過 900°C ，這個溫度平均在 $1000—1100^{\circ}\text{C}$ 。煅燒很純淨的（含少量的雜質和碳酸鎂）與緻密的石灰石是在達 1200°C 的溫度下進行。含有大量的碳酸鎂和雜質的石灰石在 $900—1000^{\circ}\text{C}$ 下煅燒。

煅燒時的熱量消耗存在着這樣的關係。含大量雜質和碳酸鎂的石灰石較之含有大量碳酸鈣和很少雜質與碳酸鎂的純淨石灰石，所需的熱量要少些。

其次，為了可靠地煅燒石灰石，除了窖中的相當溫度外，根據所煅燒的石灰石塊的大小，還必須有一定的時間。顯然地，石灰石塊越

① 卡是在技術上表示熱量大小的。大卡與小卡是不同的，1 小卡等於使 1 克的水昇高 1°C 所需的熱量。

大卡——這個熱量是將 1 公斤或 1 升的水加熱昇高 1°C 所需的熱量。所以大卡等於 1000 小卡。

例如，將 1 升的水煮沸，或者把它從 10°C 加熱到 100°C ，水就需要得到 $1 \times (100 - 10) = 90$ 大卡的熱。

大，它完全煅燒並使其中所有的碳酸鈣分解所需的時間越長。因此，在窖中煅燒的石灰石塊越大，它在窖中所需的時間就越長，而在這種情況下於一定時間間隔內從窖中得到的石灰也越少，反之亦然。

由窖中所得到的石灰的質量特徵就在於它的活性。石灰的活性要看其中含多少游離氧化鈣與游離氧化鎂來決定。

活性用石灰的重量百分數來表示。例如，如果說石灰的活性是85%，那就是說石灰中含有85%（按石灰的重量）的氧化鈣與氧化鎂。其餘15%是各種雜質和未分解的碳酸鈣。正常煅燒的石灰的活性越高，則其膠結性越好，在配製建築溶液時這樣的石灰的用量也少一些。

因此，石灰的質量（活性）既依石灰石中含有的各種雜質的數量，也依煅燒是否完全而定。

按照石灰的國家標準（ГОСТ 1174—51），石灰的活性不應小於：對於第1級品—85%，對於第2級品—70%，對於第3級品—60%。

石灰中未經分解的碳酸鈣，叫做未燒完部分；其數量也以石灰中所佔重量百分數表示之。

碳酸鈣達到完全分解是很困難的，在石灰中幾乎常常有百分之幾的未分解碳酸鈣。

因為碳酸鈣的分解是由石灰石塊的表面開始，漸漸向中央擴展，所以那些未燒完部分通常是在石灰塊的中央。這用肉眼很容易辨認，如果將這種石灰塊劈成兩半，則在它的中央明顯地看出有某種大小的較黑暗的地方（這叫做「生心子」）。如果石灰塊中未燒過部分很多，則它比同樣大小的煅燒良好的石灰塊要重些。

除了生燒石灰之外，過燒石灰也是石灰的廢品，過燒石灰是由於石灰強烈受熱而形成的。這樣的石灰消化很慢，而在某些情況下甚至完全不能消化。

過燒石灰主要是在煅燒含有大量黏土和砂子雜質的石灰石時形成的，以及石灰石塊由於煅燒時直接與燃料接觸的情況下形成的。

石灰石的開採

用來製造石灰的石灰石，多數情況下都是埋藏在地裡黏土下面。因而石灰石的開採工作分做兩個步驟：1) 挖開石灰石上面的其他岩石（這叫做表土）。2) 開採石灰石（伐礦）。

根據石灰石埋藏深度（表土厚度）的自然條件，以及石灰石層的厚度，而用不同的方法來開採。不言而喻，表土的厚度越薄、石灰石層越厚，也就越容易開採。而且所需的費用越少。

如果表土的厚度大於2米，而石灰石層的厚度不到1米，則開採這樣的礦床是不適宜的，必須繼續另外尋找其他地段。

在礦區中的石灰石儲藏量可用挖掘探井（井）的方法查明。在礦區的幾個點上（彼此距離100—200米）挖掘探井。

挖掘探井和挖普通的井一樣，就是往地裡挖成具有垂直牆壁的四方坑道（面積 1.5×1.5 米），並用木板把井壁加固以免土方崩塌。探井貫穿整個表土的厚度和石灰石的厚度。如果石灰石厚度過大，則探井挖掘的深度以在該條件下礦區的開採方便為度。

探井挖好以後，量度表土與石灰石岩層的厚度。順便在每個探井中取幾塊（5—6塊）石灰石樣品。把樣品裝在密閉的木箱中送到實驗室，來測定由這種石灰石製造石灰的適用性。

開採工作從挖開表土開始，為此，要事先查明必須在多大的面積上把石灰石岩層暴露出來（即是要從多大的面積上除去表土）。

所需礦區地段的面積大小，視一年內擬定製取的石灰量而定。

例如，石灰的年需要量為1000噸，則必須煅燒將近1800噸石灰石。此外，由於石灰石的開採、破碎與分類而形成的碎塊，不能用於窖中煅燒，應當加上這個數字，大約是20%，亦即必須開採 $1800 \div 0.8 = 2250$ 噸，或者， $2250 \div 2.3 = 1000$ 立方米（1立方米石灰石岩層約重2.3噸）。

假如石灰石岩層的厚度平均是4米，則必須挖開表土的面積為 $1000 \div 4 = 250$ 平方米。

因為在凍土上進行工作很困難，需要耗費過多的勞動，所以照例在溫暖的季節把表土挖開。

用鐵鍬、丁字鎬和鐵棒來挖開表土。

鐵鍬，如圖 1 所示，用來挖掘泥土和黏土，**L 6** 型與 **L 8** 型鐵鍬最好使用於沙土。圓刀口鐵鍬（**L a** 型與 **L r** 型）最好使用於黏土。如果土壤非常堅實或充塞着石頭和各別的石灰石塊時，則除了使用鐵鍬外，還需要使用敲擊工具，如丁字鎬。

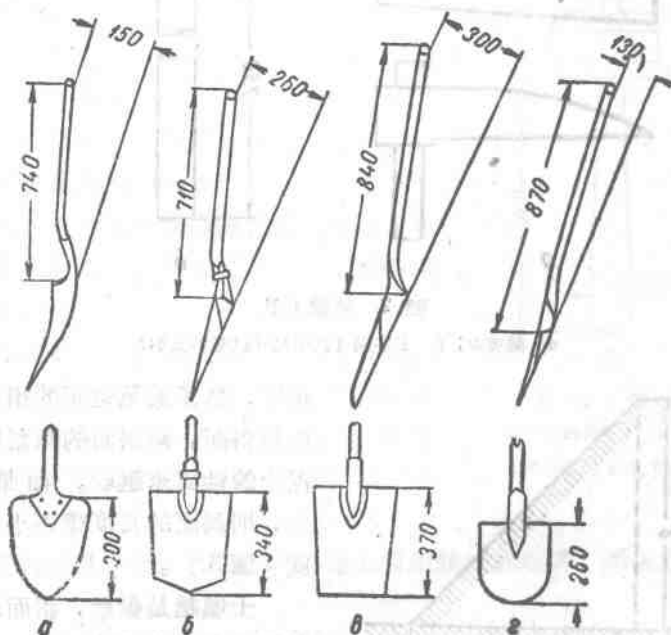


圖 1 鐵鍬

a—尖鍬；b—鈍角鍬；c—鏟鍬；d—半圓鍬（圖中尺寸以毫米表示）

鶴嘴鋤（圖 2 a）用於挖掘純黏土很好，而丁字鎬（圖 2, b）則用於挖掘碎石土壤。

如果土地很堅實，在這種情況下則使用鐵棒。

挖掘表土和搬土時，不要留下垂直的壁面，因為這樣的壁面容易

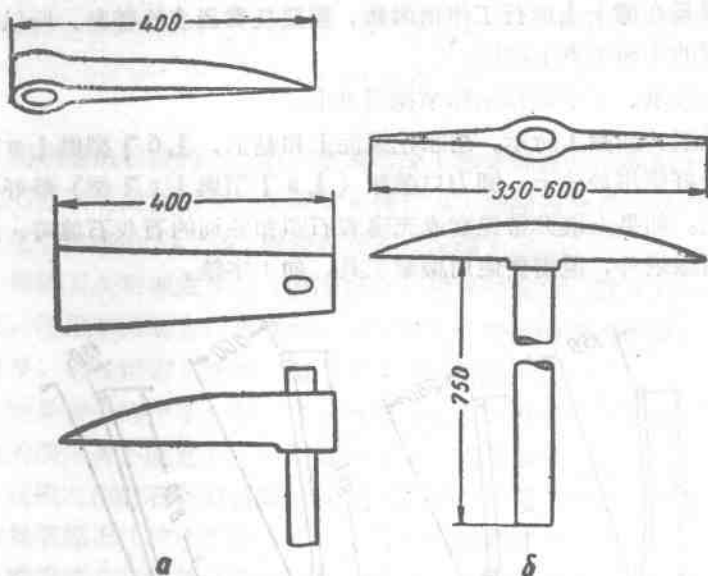


圖 2 敲擊工具

α —鶴嘴鋤； δ —丁字鎬（圖中尺寸以毫米表示）

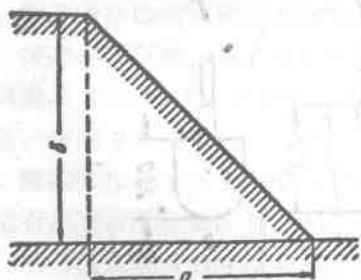


圖3 土壤的斜面

a —斜面長； b —斜面高

損壞，爲了避免壁面的損壞應做成傾斜面。傾斜面的傾斜度根據泥土的性質來選取。如果是黏土，則斜面的長度應不小於其高度（圖 3）。

土壤越是鬆散，斜面的長度越大於它的高度。譬如，若是沙土，則斜面的長度應爲其高度的 1.5 倍。

把用各種方法挖出來的全部表土，從挖掘地點運到廢石場。

隨着挖掘表土，隨着就把它運走。

在任何情況下也不要讓表土把石灰石層填蓋着。

爲了拋棄所挖出來的表土，可利用谷地與凹地，或者最後也可以利用所開採的礦區已挖出石灰石的地方所形成的凹壩。

如果廢石場靠近挖掘表土的地方，則可用獨輪手車來搬運表土。如果距離很遠，則可用馬車或汽車運輸。

將所選定的開採地段的整個表土挖走並露出石灰石岩層之後，即開始將石灰石鑿毀。

開採石灰石與挖走表土使用同樣的工具，譬如：鐵鍬，鐵鎬同鐵棒，也使用楔子和大鎚（圖 4）。

石灰石的開採方法在很大程度上由石灰石的埋藏情況而定。

有時石灰石岩層是水平的，而有時是傾斜地或垂直地埋藏着。

石灰石岩層常有裂縫，這種情況就便於鑿毀石灰石，因為岩層是容易沿着裂縫分離的。

有時石灰石以厚達 500 毫米的各別的岩層埋藏着，岩層與岩層之間為薄的黏土夾層。此時石灰石的開採工作也大為便利，因為能夠分別鑿毀它的各層，如圖 5 所示。

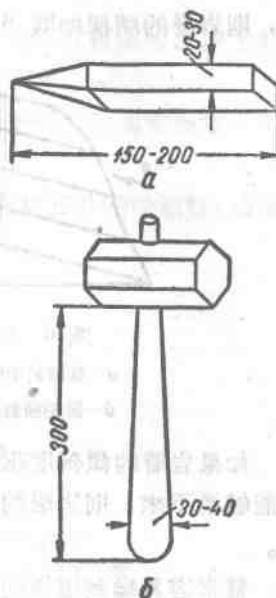


圖 4 敲鑿工具

a—金屬楔子； b—大鎚
(圖中尺寸以毫米表示)

鑿毀這種岩層（地台）時，從上面用鎬挖成地溝，然後用鐵棒將

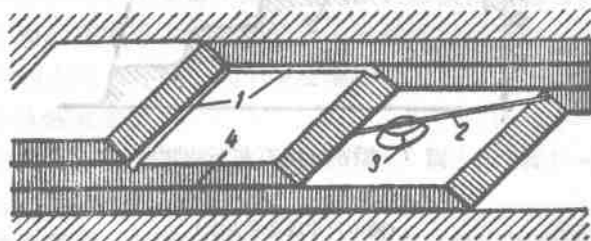


圖 5 石灰石的按層開採

1—地溝； 2—鐵棒； 3—墊石（石灰石塊）； 4—黏土層

地台掀起來，再把它由礦層上拆毀下來。

在石灰石岩層的傾斜度不太大的情況下，打掉的岩石塊滑不下來，則岩層的開採如圖 6, a 所示，也即是迎着傾斜面開採。

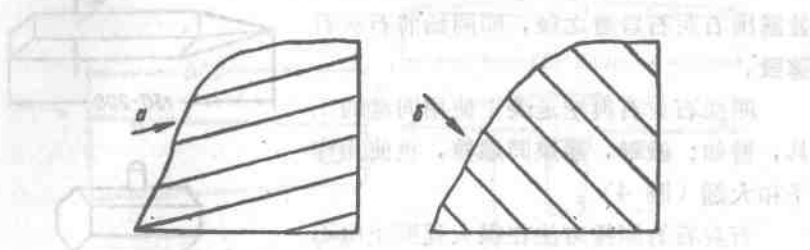


圖 6 傾斜分佈的石灰石層的開採

a—緩傾斜面的開採方向（迎着岩層的傾斜方向）；

b—陡峭傾斜面的開採方向（順着岩層的傾斜方向）

如果岩層的傾斜度很大（陡峭的），同時從岩層上挖下來的岩石塊能够滑下來，則岩層的開採應該順着岩層的傾斜面，如圖 6, b 所示。

常常容易碰到這樣的礦藏，在石灰石裡沒有裂縫和分層，整個石灰石岩層是緻密的地塊。

在這種情況下，石灰石岩層如其厚度不超過 3 米，則從石灰石岩層的上部往下一層層地開採，如圖 7 所示者。



圖 7 緻密地塊石灰石的開採

1—石灰石的厚度；2—金屬楔子；3—地溝

（圖中尺寸以毫米表示）

爲了從岩石上取下石灰石塊，用鐵棒在石灰石岩層上面打許多孔放入楔子。楔子彼此間在選定的直線上的距離視石灰石的緻密程度而

定，約為 1—2 米。爲了易於打下石灰石塊，在下面用鐵鍬挖一條地溝。

用大鎚在這些楔子上打擊若干次後，石灰石在選定的直線上裂了縫。沿着裂縫用鐵棒把石灰石從岩層上打落下來。

打落下來的石灰石的厚度視石灰石的緻密程度和強度而定，平均是 0.5—0.7 米。

在石灰石岩層厚度大於 3 米的情況下，石灰石分階段開採，如圖 8 所示者。

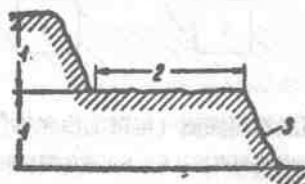


圖 8 厚石灰石層的分階段開採

- 1—採掘段的高（不大於 2000—2500 毫米）；
2—採掘段的底板； 3—採掘段的斜面； 4—保險地帶

每一階段石灰石的開採跟上面所說的和圖 7 所示的一樣。

當分階段開採時，必須遵循下列幾個基本規則：

- 1) 採掘段的高不應超過 3 米；
- 2) 採掘段底板應具有清除了碎片的平整表面，以便於大車或獨輪手車駛向要開採的石灰石層；
- 3) 開採石灰石不要留下直立的壁面，必須作成斜面；
- 4) 下面的採掘段不要緊緊靠近上面採掘段的斜面；不然的話，上面採掘段的石灰石可能落到下面採掘段的底板上。上下採掘段之間一定要留下保險地帶。

開採石灰石，應沿着整個採掘面使每班工作完畢後保持採掘面爲平整的直線，如圖 9, a 所示者。

不正確的開採（見圖 9, b）大大地減低了勞動生產率，因爲在這種情況下很難利用石灰石的裂隙，而且運輸石灰石也困難。

此外，由於橫堤（突出部分）崩陷可能發生不幸事故，這種橫堤

是由於沿採掘面不均勻生產石灰石所形成的。

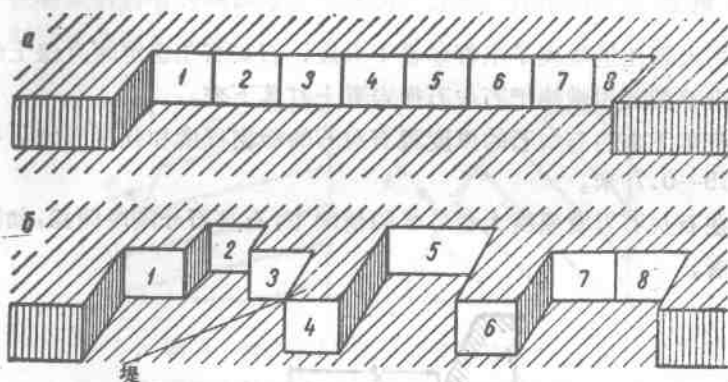


圖 9 石灰石開採面（每班工作完畢以後）

a—正確的開採面直線；b—不正確的開採面直線

從岩層上採下來的石灰石塊在採掘地點用錘擊成碎塊，然後再運到倉庫。

石灰石庫應設立在石灰窖的附近，其底部應為平直面，在這個平面上把石灰石堆積成堆。為了便於堆放石灰石，堆的高度不要超過 2 米。

石灰石堆一定要堆成許多堆，而不要堆在一處，因為堆成一處就需要很大的倉庫面積，此外，下雨時石灰石更要被潤濕。濕的石灰石需要大量的熱來煅燒，因而煅燒石灰石的燃料消耗量也要增加。

在開採時和主要是在破碎石灰石時所得到的碎塊，按其大小不適用於在窖中煅燒，可用作其他用途，例如築路。也可以把它磨成石灰石粉，用於酸性土壤和灰化土壤的石灰化作用。

在黨和政府關於農業問題的最近決議中，對於土壤的石灰化作用給予極大的注意，因為這個農業技術上的措施可以保證酸性土壤和灰化土壤的收穫量大大提高。

用石灰石廢品來製造石灰粉必須有所謂「錘磨」型的粉碎機，不大的皮帶運輸機和篩分石灰用的篩析機。帶動這些機械需要約 20 千瓦的能量。