

從鑽粒鑽進的一般規律中 試談剋取原理問題

楊春發

鑽粒剋取原理問題，至今還沒有一個完整而統一的論點。許多鑽探工作者對該問題的認識尚處在爭論之中。我國的鑽探工作者們對這一問題大體上有三種不同的論點。第一種是認為以圓整鑽粒剋取岩石的作用為最大。其理由是認為圓整鑽粒與孔底岩石的接觸面很小，僅為一點，在受鑽頭底面的壓力和迴轉力同時作用下，圓整鑽粒對孔底產生一種滾壓作用，借以破碎岩石，保持鑽進。第二種是認為以破碎鑽粒剋取岩石的作用為最大。其理由是破裂鑽粒本身具有依多方向出現的尖銳稜角。由此稜角剋進孔底岩石，同時也剋進鑽頭底面，於是在孔底工作面上的破碎鑽粒，時而隨同鑽頭轉動，由其稜角切削孔底岩石；時而發生滾動，由其稜角壓碎孔底岩石（同時也壓傷鑽頭底面），以產生鑽進作用。第三種是認為以圓整鑽粒破碎鑽粒的混合剋取岩石作用為最大。其理由是在於單純用圓整鑽粒的滾壓作用不大，而單靠破碎鑽粒的稜角剋取岩石的作用也不大，所以必須是圓整鑽粒和破碎鑽粒相結合，對剋取孔底岩石的作用才能最大。

以上幾種論點，都是根據實際工作經驗，加以總結概括出來的，如果想使鑽粒剋取岩石理論更趨於客觀實在，尚須進行一系列的具體研究和試驗工作。當此還沒有從研究和實踐中得出結論以前，在大家討論的基礎上，茲就個人一點淺顯的實際工作經驗，提出來與大家共同研究討論。

在研究鑽粒剋取岩石原理問題的時候，必須詳細分析鑽粒鑽進的一般情況和各種不同的規律。根據我們的實際工作經驗，在使用鑽粒鑽進堅硬岩石時（七級以上），可以反映或歸納出如下幾種不同的規律和情況：

適應。

（四）結 論

如果以 B 代表礦石濕度， P_1 代表濕礦石重量， P_2 代表乾礦石重量，建議用下列形式的礦石濕度公式：

一、所鑽岩石的硬度和密度越大，鑽頭和鑽粒的單位進尺消耗量越多，同時進尺效率也越低。反之，鑽頭和鑽粒的單位進尺消耗量越少，進尺效率也越高。

二、鑽進進尺效率相等的兩種岩石時，鑽進細緻岩石總比鑽進粗糙岩石的鑽頭和鑽粒單位進尺消耗量為省。

三、鑽進對鑽頭和鑽粒單位進尺消耗量相等的兩種岩石，以鑽進比較粗糙岩石的進尺效率為高。

四、鑽粒鑽進回次進尺效率，不管一次供給鑽粒或多次供給鑽粒，都是在投入鑽粒後，起初進尺慢，逐漸變快，達到最高點後，又逐漸變慢。

五、鑽粒鑽進單位壓力不足或鑽頭質量太軟時，進尺效率不高，對質量太軟鑽頭磨耗甚快。而單位壓力過大或鑽頭質量太硬時，進尺效率下降並且單位進尺的鑽粒消耗數量驟增。

六、用形體不圓的鑽粒鑽進，其效率並不比全用圓形鑽粒鑽進降低。

七、鑽粒鑽進時，孔底沖洗量過大，進尺效率不高，過小則容易發生擠夾鑽具事故。

八、用水口推面角度較緩（如弧形水口、雙斜邊水口等）的鑽頭鑽進，進尺效率較高。

九、在一定限度內，鑽頭回轉速度越快，進尺效率越高。但如鑽頭回轉過快，進尺效率反而不高。

十、鑽較軟岩石的鑽頭底面多被磨成粗條狀痕，取出孔底鑽粒，多是圓整未曾破碎的；而鑽堅硬岩石的鑽頭底面多被磨成細點狀痕，取出孔底鑽粒，都是破碎的鑽粒粉。

根據以上實際情況和規律，可以進行如下的分析

$$B = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100\%$$

用下列公式將濕礦石體重（ $D_{\text{濕}}$ ）換算為乾體重（ $D_{\text{乾}}$ ），或將乾礦石品位（ $C_{\text{乾}}$ ）換算成濕礦石品位（ $C_{\text{濕}}$ ）。

$$D_{\text{乾}} = D_{\text{濕}}(1 - B) \text{ 或 } C_{\text{濕}} = C_{\text{乾}}(1 - B)$$

研究：

第一種情況是一般正常的規律。這種道理很簡單，就是所鑽岩石性質愈堅硬，組織愈緊密，對鑽進剋取力的抵抗也愈大（即可鑽性愈小），因而鑽進剋取能力就相對的降低。當用同樣質量的鑽粒，鑽進較軟岩石時，進尺效率雖很快，鑽粒和鑽頭消耗也很少，但若鑽進較硬岩石時，則進尺效率就較慢，鑽粒鑽頭消耗也較多。而在同樣可鑽性岩石上，使用質量好的鑽粒和鑽頭鑽進時，則進尺效率高，鑽粒、鑽頭消耗少。如用質量較差的鑽粒和鑽頭鑽進時，則進尺效率低，鑽粒和鑽頭的消耗多。

第二、三兩種情況可以說明鑽粒鑽進中有這樣的事實存在。即用鑽頭底面壓着推動鑽粒使之剋取孔底岩石的這種使鑽粒隨同鑽頭轉動速度，必因所鑽岩石的細緻與粗糙不同而有差異。大家知道，鑽粒並不是固結在鑽頭上，而是零散的佈在孔底工作面上，零散鑽粒在孔底受鑽頭的推動，實際上鑽粒不可能與鑽頭回轉速度相同，而必慢於鑽頭回轉速度。如果把鑽粒被鑽頭的推動，叫做“推動”，把鑽粒慢於鑽頭的轉動叫做“滑動”，那麼孔底所以有進尺，是由於“推動”的結果；鑽頭有磨耗是由於“滑動”的原因，而鑽粒的消耗，則是由於孔底鑽粒在鑽進中，被推、壓不斷破碎變成鐵粉的緣故。可見這種推動和滑動的多少，和進尺效率高低及鑽頭磨損快慢有關。當鑽進細緻岩石時，因孔底岩石比較平滑，鑽頭底面具有金屬韌性，壓在鑽頭和孔底間的鑽粒，既能壓碎孔底岩石，也能把鑽頭底面壓出無數小的坑窩，這對推動鑽粒來說，鑽頭底面是比較孔底岩石為滯滯，使得鑽粒被推動的多、滑動的少。又因岩石性脆，容易破裂，鑽頭具有韌性不易破裂，而在同樣受鑽粒切割磨削情況下，對鑽頭消耗很少，對岩石則進尺很多。而當鑽進粗糙岩石時，因孔底比較不平滑，對鑽粒的推動產生一種阻礙，由於這種阻礙影響得鑽粒的推動減少，滑動增多，於是進尺效率減低，鑽粒與鑽頭的消耗增多。實際上，鑽進粗糙岩石時，多是使用大鑽粒（4~5公厘），因為大鑽粒比較耐用，並且還可以減輕因孔底不平滑的阻力影響。

第四、五、六幾種情況，可以說明鑽粒鑽進的最大剋取作用是在孔底鑽粒破碎時。就是說以破碎鑽粒剋取作用為最大。如用多次供給鑽粒和一次供給鑽粒每向孔底供給一次鑽粒的實際進尺效率，都是起初進尺很慢，逐漸變快，達到最高點後，進尺效率又逐漸減慢。用連續供給鑽粒時的進尺效率，也同樣在回次

進尺起初時進尺慢，中間一段較快，最後停止供給鑽粒而效率又下降。這些都足以證明投到孔底的圓鑽粒在未破碎前的剋取作用不大，初破碎時剋取作用最大（即由於多角的破碎鑽粒，在鑽頭的推動和壓力同時作用下，時而被鑽頭推動切削孔底岩石，時而發生滾動壓碎孔底岩石），破碎以後由於越來越碎，剋取作用也就越來越小，直到破碎鑽粒成為細鐵粉被沖洗液沖洗走，失去剋取作用。我們曾向孔底供給用人工破碎的鑄鐵鑽粒鑽進，結果進尺效率不高，這是因為投入孔底的人工破碎鑽粒已經失去初破碎時的最大剋取作用。

再如使用形體不圓，不能在孔底滾動的鑄鐵鑽粒，與使用形體較圓的鑄鐵鑽粒鑽進相比，進尺效率情況完全相同。而使用磨得很圓的鋼制小滾珠投入孔底鑽進硬岩石，起初一個短時間不進尺或進尺很慢，經加大壓力壓碎滾珠後，則進尺效率提高。但使用鋼絲繩切割成多稜角，經過淬火提高硬度的鋼粒鑽進硬岩石時，則沒有起初不進尺或進尺很慢的情況，原因就是鋼絲繩鑽粒本身都有多稜角，破碎後仍然多稜角，所以進尺效率開始就很高，後來由於孔底鋼粒不斷破碎（如不及時補給鋼粒），進尺效率才逐漸下降。如果使用淬火硬度不大，或未經淬火的鋼絲繩鑽粒鑽進9級以上岩石時，因為這種鋼粒本身不易破碎，開始時因有多稜角，進尺較快，後因鑽粒稜角逐漸被磨失而進尺越來越慢，到鋼粒磨成圓球形時，進尺就更慢甚至不進尺。如使用經淬火適當提高硬度的鋼絲繩鑽粒鑽進9級以上岩石，依靠鋼粒破碎剋取作用時，則進尺效率比不破碎剋取鋼粒鑽進的進尺效率高得多。這也就說明了鑄鐵鑽粒和鋼質鑽粒，都是以破碎剋取岩石的作用為最大。

這就容易知道，投到孔底的圓形鑽粒在未破碎前剋取作用不大，而破碎後的剋取作用越來越小，只有當鑽粒初破碎時的剋取作用最大。因此在實際鑽進工作中，必須盡量保持初破碎的具有良好剋取作用的鑽粒，並延長其研磨時間。目前還只有靠適當掌握壓力和鑽頭轉速來解決。如鑽進軸心壓力不足時，鑽粒壓進岩石不深，圓整鑽粒破碎較慢，則進尺效率不高。但如軸心壓力太大，鑽頭轉速太快，或鑽頭質量太硬時，進尺效率也不好，同時鑽粒消耗量也增加很多。所以鑽粒鑽進時，必須有一個適當的壓力，和相應的迴轉速度，及硬度相當的鑽頭。這種鑽進壓力，鑽頭轉速和鑽頭質量，都要根據所用鑽粒質量和所鑽岩石性質，從實際鑽進經驗，取其最高效果來確定。當

然鑽粒質量越好，所鑽岩石越細緻越硬，越可提高軸心壓力也就更可以使用硬度較大的鑽頭。而鑽頭迴轉速度，在鑽粒質量好，岩石細緻不太硬的情況下，在不因快轉產生離散孔底鑽粒的前提下，可以加快。而在鑽粒質量不好或岩石粗糙堅硬時，則須降低鑽頭的迴轉速度。

第七、八、九三種情況，說明了鑽粒鑽進的環狀孔底工作面上，必須經常佈滿一層鑽粒（實際由於鑽粒被推動，不可能互相擠得能緊），鑽進才能正常的進尺。孔底鑽粒充足時，進尺效率高，因而一次供給鑽粒比多次或連續供給鑽粒鑽進效率高。又如使用水口推面角度較小的弧形水口或雙斜邊水口鑽頭鑽進時，由於水口推面容易壓落鑽粒於孔底，使孔底工作面上經常保持有充份的鑽粒，進尺效率也高。但如孔底鑽粒稍有不足，則進尺效率馬上減低。如鑽進中因沖洗量太大，把孔底工作面上的鑽粒沖走，或因鑽頭迴轉速度太快，使孔底鑽粒受慣性力作用離開孔底工作面，又或因為供給鑽粒的方法或數量不當，都足以促成孔底鑽粒不足，影響進尺效率下降。實際鑽進對沖洗量大小的要求，是以不沖走孔底工作面的鑽粒，而又能帶走岩粉和失去剋取效能的鑽粒粉為最好。所以實際調節沖洗量時，不能光看水泵送出量或孔口流回量多少，還要把鑽桿各個接頭在孔內可能漏回的沖洗量，加以適當的估計計算進來。鑽進對鑽頭迴轉速度的要求，可以實際經驗中按鑽進各種岩石取其進尺效果最好的轉速。鑽進對供給鑽粒方法的要求，一般在用鑄鐵鑽粒鑽進8級以下岩石，應用一次供給法，鑽9級以上岩石，可用多次或連續供給法。而用鋼質鑽粒鑽進10級岩石時，也可採用一次供給法。至於供給鑽粒的數量，則須根據實際鑽進需要來確定。

第十種情況，說明用鑽粒鑽進很軟岩石時，是不破碎剋取的。如用鑄鐵鑽粒鑽進4~5級以下岩石（實際上6級以下軟岩石不應鑽粒鑽進），或用鋼絲繩鑽粒鑽進6~7級以下岩石時，都有不破碎剋取的事實。考其原因，將是由於鑽粒本身堅韌度大於岩石抗碎強度，鑽進時不待鑽粒破裂而孔底岩石先被壓碎了，所以鑽頭底面出現條狀磨痕，從鑽進過後的孔底仍可取出整個鑽粒。但鑽硬岩石時，如用鑄鐵鑽粒鑽進6級以上岩石或用鋼絲繩鑽粒鑽進9級以上和部份8級岩石時，則鑽粒都是破碎剋取岩石的。

從以上分析結果，對鑽粒鑽進可以初步得出如下

結論：

一、鑽粒質量越好，進尺效率越高，單位消耗也越少。但在鑽粒質量越高的同時，鑽進軸心壓力和鑽頭的硬度都必相應的提高。

二、鑽細緻岩石時，孔底鑽粒被推動的多，滑動的少；鑽粗糙岩石時，孔底鑽粒推動減少，而滑動增多，鑽頭和鑽粒消耗也增加。鑽進粗糙岩石須要使用大鑽粒。

三、以破碎鑽粒剋取岩石的作用為最大。鑽進中，必須適當的掌握壓力和轉速，以保持初破碎鑽粒的良好剋取作用時間儘量延長。

四、鑽粒只能在環狀孔底工作面上佈滿一層。孔底鑽粒稍有不足，進尺效率立即下降。因而鑽頭水口推面角度，鑽粒供給方法，鑽粒供給數量，鑽頭迴轉速度、沖洗量、軸心壓力和提動等鑽進操作規程，必須嚴格遵守。

五、鑽進岩石的臨界抗碎強度小於所用鑽粒抗壓強度時，鑽粒就不破碎剋取孔底岩石。但使用人工破碎的鑽粒鑽進同樣岩石的進尺效率並不比用圓整鑽粒進尺為低，因而不能認為是圓整鑽粒剋取岩石作用大。

六、圓整和破碎鑽粒混和剋取岩石的作用，因為圓整鑽粒剋取岩石的作用不比破碎鑽粒作用大，所以圓整和破碎鑽粒混合剋取岩石的作用，也就沒有破碎鑽粒剋取岩石的作用大。

七、鑽粒鑽進的改進方向，是提高鑽粒的質量（相應提高鑽頭硬度和軸心壓力）。鑽粒質量以硬度大、韌性強為好。因為鑽粒硬度大，可以提高進尺效率，而鑽粒韌性強，可以減少消耗。要求使用硬度大而韌性強的鑽粒，唯有從改變鑽粒的化學成份和進行熱處理來提高生鐵鑽粒的堅韌性。

目前推廣蘇聯先進經驗，使用鋼絲繩鑽粒鑽進，是很成功的。由於這種鋼絲繩鑽粒的質量好，用以鑽進9~11級堅硬岩石時，進尺效率比用鑄鐵鑽粒可提高一倍左右，消耗量可減少3~5倍。但這種鋼絲繩鑽粒，因為廢舊鋼絲繩的來源有限，可能沒有長遠指望的。而用廢舊鋼管切制鋼粒，也因廢舊鋼管的來源不多，前途有限。因而提高鑽粒質量，除將鑄鐵鑽粒進行適當的熱處理外，最有效的辦法，是研究製造鑄鋼鑽粒。