

關於計算和掌握鑽進軸心壓力問題的探討

楊 春 發

編者按：自從1956年地質工作通報第18期開展了關於科學地計算與正確地掌握軸心壓力問題的討論之後，已引起我局各單位鑽探工作者的注意，並提出了許多不同的看法和意見（有些已在本刊發表）。截至目前為止，大家爭論的中心，大體上可以歸納為二個：一個是鑽粒鑽進時，要不要隨着鑽頭底面積的增大而調整壓力；另一個是合金鑽進時壓力的計算方法和具體掌握問題。現就大家的意見，請楊春發工程師寫了這篇文章，做為對此一問題討論的總結。其他同志的來稿，我們就不再發表了。

※

在鑽探工作中，所謂正確地掌握軸心壓力，就是首先根據所用鑽進方法和岩石情況，通過一定的計算，求出鑽進所必需的軸心壓力。根據實際需要的軸心壓力和所用鑽具（孔內鑽具）的重量大小，加以適當地調整。使之加於孔底的軸心壓力相當。然後再根據鑽進中鑽頭在孔底的工作情況，進行靈活的掌握。只有這樣才能保證鑽進效率和鑽探工作的安全。

鑽粒鑽進時計算軸心壓力中幾個值的確定問題

大家知道，採用鑽粒鑽進時，需要軸心壓力的計算方法為： $C = S \cdot P$ ；式中： C 為需要軸心壓力，係指孔底鑽頭對孔底工作面上所應加的總壓力； S 為鑽頭有效底面積，係指直接壓推孔底鑽粒的鑽頭底面積； P 為單位壓力。

上式中 S 可用 $S = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \lambda$ 公式求得

式中： D 為鑽頭外徑（公分）， d 為鑽頭內徑（公分）， λ 為有效係數。

一、鑽頭有效底面積的確定

鑽頭有效底面積(S)，是隨鑽頭外徑(D)，鑽頭內徑(d)和有效係數(λ)的大小而不同。值得提出研究的是有效係數(λ)的問題。因為有效係數(λ)就是鑽頭有效底面積佔鑽頭全面積的幾分之幾（如 $\frac{3}{4}$ 、 $\frac{4}{5}$...等）。如果鑽頭水口切成上窄下寬

的形狀（三角形、弧形等）則在一個回次進尺中，由於鑽頭底面的逐漸磨耗，水口寬度變小，而使鑽頭有效底面積逐漸增加。其變化程度，以弧形水口鑽頭為最大，三角形水口次之，雙斜邊水口鑽頭最小。這種變化對鑽進軸心壓力有一定的影響，使用底寬佔鑽頭圓周 $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{5}$ 的三角形或弧形水口鑽頭鑽進，在大多數情況下，當回次進尺結束時鑽頭有效底面積約比當次進尺開始時增加10~15%。因此，為了保持一定的進尺效率，必須在回次進尺操作中，逐漸而適當的增加軸心壓力，一般在一個回次進尺中以調整3~5次為宜。這樣在實際工作中，不管用給進把或用油壓掌握軸心壓力，都是容易做到的。如果每5分鐘調整一次軸心壓力則不僅計算複雜，而且也無必要。譬如回次進尺總時間為180分鐘，回次進尺開始時軸心壓力為600公斤，按增加10%來逐漸調整，在這個回次進尺當中共需調整軸心壓力36次，而每次調整的軸心壓力重量為：

$$\frac{600 \times 10\%}{\frac{180}{5}} = 1.66 \text{ 公斤}$$

把這1.66公斤的軸心壓力換算到給進把或壓力指示器上，最多只是一、二公兩的重量。因此，我認為每5分鐘調整一次軸心壓力是不必要的。如果所用鑽頭水口上下寬度相差不大時（如雙斜邊水口或底寬很小的三角形水口），因其有效底面積增加有限，從操作上加以適當掌握則可不必調整。

二、單位壓力的確定

單位壓力 P ，應該是從實際鑽進中取得的最好進尺效果（以進尺較多，鑽粒消耗少為效果好）的經驗數字。按蘇聯標準生鐵鑽粒鑽進的單位壓力是15~25公斤之間（見鑽探工程363頁）。當然鑽進較軟岩石的單位壓力，一般不需要太大，可以適當減小，但不應小於15公斤。因為單位壓力過小，鑽進效率就會降低。而鑽進較硬岩石的單位壓力就應大些，但也不應大於25公斤。因為單位壓力太大，遠遠超過鑽粒的抗壓強度，孔底鑽粒將很快被鑽頭推壓，碎成細鐵粉，不能充分發揮剋取岩石的效能。如在實際鑽進工作中，有時軸心壓力很大，但進尺效果卻沒有比軸心壓力適當時好，就是這個緣故。因此，必須根據所使用鑽粒質量（主要指鑽粒本身的堅韌性）的不同，適當的變換單位壓力（ P 值），而不應局限在15~25公斤範圍之內。例如我們自己製造的生鐵鑽粒，因其堅韌性較差，所以鑽進的最大單位壓力，不能超過20公斤；再加大時，進尺效果就不好。又如近來各地推行的鋼質鑽粒（鋼絲繩鑽粒），把單位壓力加大到30~50公斤時鑽進效果最好。這正是因為鋼質鑽粒的堅韌性遠比生鐵鑽粒為大的緣故。因此，單位壓力（ P 值），必須根據所用鑽粒、鑽頭的質量和所鑽岩石的情況，從實際鑽進中按最高進尺效果來確定，不能認為是固定不變的。

至於說單位壓力（ P 值）是否可以認為是鑽粒的抗壓強度問題，實際上孔底鑽粒在受着推力和壓力作用的同時，還包含一種衝力作用在鑽粒上，孔底鑽粒在受此複雜力的作用下進行剋取岩石工作，究其抗壓強度如何，在沒有經過試驗以前，是研究不出結果的。因此，目前單位壓力（ P 值）的大小，還只好根據實際經驗來適當的確定。

從上述情況可以看出，單位壓力（ p ）是從多少公斤到多少公斤之間，而不是多少公斤以上或以下，這是一個不宜超出的有效範圍。所以我認為軸心壓力的計算公式是 $C = S \cdot P$ ，而不能是 $C > S \cdot P$ 。

鑽粒鑽進的環狀孔底，必須經常佈滿一層鑽粒（當然不是說互相排得很緊）才能保證正常的進尺。否則，進尺就會低落。這一現象在連續供給鑽粒鑽進中，時有發生。但如孔底工作面上的鑽粒太多，比如說佈滿兩層以上，則進尺就將更低。因為在這種情況下，鑽頭底面是壓不住鑽粒的。實際上雖然孔內鑽粒很多（如一次供給鑽粒），但只有當鑽頭着實的壓到

佈滿孔底一層鑽粒上，才能保持正常進尺。至於如何保持孔底佈滿一層鑽粒的問題，我認為只要軸心壓力、鑽頭轉速和沖洗量適當，充分向孔底供給鑽粒，則孔底破碎的鑽粒粉就可被沖洗液排出，同時上部新的完整的鑽粒就可不斷的補充到孔底工作面上來。

合金鑽進時軸心壓力計算中的幾個問題

目前計算合金鑽進所需軸心壓力時，一般均用 $C = M \cdot P$ 公式，

式中： C 為需要軸心壓力， M 為鑽頭底面出刃的合金個數， P 為單位壓力。

此式為目前比較簡單而實用的一種計算方法。但是值得研究的還是單位壓力（ P 值）的問題。應該指出，這裡的單位壓力，是以鑽頭底面出刃的每個合金為單位的。當然，合金鑽進的單位壓力越大，進尺效率越高。但是由於鑽頭鑽桿的堅固程度和鑽機能力所限，就使單位壓力的提高受到了限制。根據實際操作經驗，在鑽進一般4.5.6級岩石的單位壓力以80~100公斤為宜。如果所鑽岩石沒有裂隙，硬度均勻，則可以提高到150公斤，而當鑽進3級以上軟岩石或3級以上多裂隙或硬度很不均勻的岩石時，單位壓力就將減低到50公斤或50公斤以下。這樣根據所鑽岩石的具體情況來決定單位壓力，是比較容易掌握的。

但是在鑽進同樣岩石的一個回次進尺中，單位壓力是否需保持始終一樣呢？實際經驗證明：在用合金鑽進很軟岩石，在合金刃沒有磨鈍的情況下，回次進尺中的單位壓力，可以保持始終一樣。如鑽進比較硬的，特別是磨擦性較大的岩石，合金刃能被磨鈍時，則回次進尺中的單位壓力，必須先減輕，而後根據合金刃磨鈍程度再逐漸加大。為了說明此一問題，首先需把合金鑽頭的工作原理簡單研究一下。

合金鑽頭所以能夠鑽進岩石，除了合金本身硬度必須大於岩石硬度外，還需有“壓進”和“扭切”二種力量加在合金刃上。這就很容易知道，合金壓進岩石所需要的力是壓力，在鑽同樣抗壓強度的岩石和使用同樣銳利刃的合金，這種壓力愈大，合金壓進岩石愈深，壓力愈小，壓進岩石愈淺。當這種壓力小於岩石抗壓力時，則合金刃就壓不進岩石。而鑽同樣抗壓強度岩石和在同樣壓力情況下，合金刃愈銳利壓進岩石愈深；合金刃愈平鈍壓進岩石愈淺。這是因為合金刃愈平鈍，其與孔底岩石接觸面積愈大，因而在同樣壓力下，單位壓力相對減小。至於合金切削岩石所需的扭力（使鑽頭迴轉的力），在同樣岩石抗剪強度

情況下，合金刀壓進岩石愈深需要扭力愈大，壓進岩石愈淺需要扭力愈小。合金鑽進切削孔底岩石，也就是由於合金刀部受到壓進和扭切二力綜合作用的結果。因而壓進力愈大，扭切力愈快，進尺效率也就愈高。在實際鑽進中，為求提高進尺效率，而必須加大單位壓力和加快鑽頭轉速，就是這個道理。

一個回次進尺當中，開始時壓力需要減輕，而後又要逐漸加大的關鍵，就在於對鑽頭所施壓力和扭力的關係上。大家知道合金鑽進的壓力和扭力，必須同時加在合金刀上，才能進行鑽進。如果單獨施加壓力而不同時給予扭力；或只給扭力而不同時施加壓力，都不能鑽進。正因為壓力和扭力要同時施加，而所施加壓力愈大所需扭力也愈大的原因，所以當鑽頭合金刀愈是銳利容易壓進岩石的情況下，軸心壓力愈要適當減輕，以免因合金刀壓進岩石太深由於扭切力增加而使鑽頭、鑽桿受力過大發生損壞危險。當然在不損壞鑽頭、鑽桿和鑽機的情況下，為提高進尺效率，所施加的壓力應盡可能的加大。因此，合金鑽進除鑽特軟岩石外，每個回次進尺都一樣。在開始時，因合金刀銳利，切進岩石較深，需要扭力很大，就要考慮鑽頭、鑽桿和鑽機的安全，而根據鑽機和鑽具的工作情況，減輕壓力鑽進。隨後因合金刀被逐漸磨鈍，切進岩石深度逐漸變淺，需要扭力也逐漸減小，而逐漸加大壓力鑽進。直到把壓力加大到最高程度（指保證鑽頭、鑽桿和鑽機安全情況下所加的最大壓力），進尺減慢到最低限度時（用波波夫儀測定），結束這個回次進尺。

如果說，在一個回次進尺開始時，加上一定的壓力鑽進，在鑽進中一直不必增減，直鑽到不進尺或進尺很慢時，結束這個回次進尺，這只是在理論上為了說明這樣的問題。

例如：所鑽的岩石臨界抗壓力是 2000 公斤/平方公分，鑽進的單位壓力必須大於此數，合金刀才能壓進岩石完成鑽進工作。如單位壓力小於此數，合金刀便不可能壓進岩石。此時鑽進的合金刀只與岩石磨擦，進尺效率很低。假設對一個合金刀，加上 150 公斤的壓力，那麼這合金刀磨鈍到什麼程度不能切進岩石呢？按臨界抗壓力 2000 公斤/平方公分計算：

$$\text{鈍刀面積} = \frac{150}{2000} = 0.075 \text{ 平方公分 (合 } 5 \times 5 \text{ 方}$$

柱狀合金底刀磨鈍 0.15 公分)

這就是說，這個合金刀的磨鈍程度（以平方公分計算）小於 0.075 平方公分時，合金刀可以壓進岩

石，鑽進效率是高的，而當合金刀磨鈍程度大於 0.075 平方公分時，合金刀就不能壓進岩石，鑽進效率特別低。實際上這樣加壓鑽進是行不通的。如果真的這樣做，按上例在回次進尺開始，每個合金刀加上 150 公斤壓力鑽進時，將發生鑽頭回轉不動，損壞合金，扭斷鑽桿，甚至發生鑽機超負荷的現象。另一方面如在回次進尺開始時，根據鑽頭、鑽桿堅固程度和鑽機運轉情況適當加壓鑽進，隨後不再逐漸增加壓力時，則這個回次進尺效率必然很快下降，不久就不進尺了。

此外，還有一種計算合金鑽進軸心壓力的方法。

即：
$$C > S \cdot M \cdot \delta$$

式中：C 為需要軸心壓力（公斤），S 為每個合金刀與岩石的接觸面積（平方公分）=（合金刀的長×寬），M 為鑽頭底面出刃的合金數量（個），δ 為岩石臨界抗壓力（公斤/平方公分）

如按需要軸心壓力（C）大於 $S \cdot M \cdot \delta$ 值 15% 計算，則上式變為：

$$C = S \cdot M \cdot \delta \cdot \frac{115}{100}$$

這種計算方法比較麻煩，一般不常用。就以合金刀與岩石的接觸面積（S）來說，就是一個不好確定的值。而用這種公式計算後，在實際鑽進時，也要按前述方法根據鑽具在孔內工作情況靈活掌握。因而，就不如完全利用前述方法簡便而實用了。

來 函 照 登

編輯同志：

“地質與勘探”，第 4 期第 32 頁刊登了閻希智同志譯的“圖解法確定平行斷面間的礦塊體積”一文，表 1 中有錯誤，經我核對，系原稿錯誤，應該加以更正，否則與圖不符，其正確數值如下：

$\alpha < 1$	$\alpha > 1$	K 值
—	1.0	1.000
0.71	1.4	0.995
0.50	2.0	0.980
0.33	3.0	0.955
0.25	4.0	0.933
0.20	5.0	0.915
0.14	7.0	0.887
0.110	9.0	0.867

以下各項數字均對。

⋮ ⋮ ⋮

此 致

敬 禮

地質部普查委員會 林 斯 擴