

確定岩心鑽探中 換層深度的方法

四川地質分局 常 少 文

鑽探地質的主要任務是要獲得鑽進地段的地質情況及礦層情況的資料。在鑽進過程中，根據所取得的岩心，探明圍岩及礦床的厚度，蘊藏深度，質量變化及構造等地質情況，從而作出鑽探的最後成果——岩心柱狀剖面圖。

對圍岩及礦床的物理性質，質量，構造及變化等資料，皆可根據對岩心的正確鑑定，分析以及相隣鑽孔，坑道，槽井的比較綜合研究而得出可靠的材料，但對不同圍岩或礦體的變換深度則難於確定。尤其當在鑽進過程中，岩心磨損較大時，岩無可靠之依據，則所確定的圍岩或礦體的變換深度及厚度往往與實際的變換深度及厚度誤差極大，這種情況就影響到鑽孔地質資料的正確性。可見在鑽探地質工作中，如何確定不同圍岩及礦體的變換深度及厚度實在是一個重要的問題。

目前尚無確定圍岩及礦體變換深度及厚度的可靠方法，但在鑽探過程中，根據以下的換層現象及岩心資料來確定還是極為正確可靠的。換層現象有如下幾種：

1. 鑽進過程中給進把對井下岩石可鑽性變換時的感覺。一般在由硬度較低的岩石進入硬度較高的岩石時（或相反情況），如果岩性不是漸變的關係，則在當時給進把上有可鑽性變換的感覺，表現在鑽進速度突然增加或減少，及鑽機立軸齒筒有跳動及井下阻力變更等現象。根據當時記錄的鑽孔深度以及對照岩心，便可確定換層深度。但如岩性是漸變的，則上述現象便不十分顯著，這樣得出的換層深度也不很準確。

2. 沖洗液顏色的變更。在鑽進過程中，岩粉、岩屑隨沖洗液排出鑽孔外，若鑽進到不同岩性（主要是不同顏色）的岩石時，則沖洗液之顏色必隨之改變。根據當時記錄的鑽孔深度，再將該次鑽進所提取的岩心加以對照，便可確定換層深度。但在一般深孔中，因沖洗液由孔底循環至孔口需要一定時間，必須

加以考慮（如為淺孔可不必要考慮），此時換層深度須用下式計算：

$$W = a - \frac{\pi b [a(D_1^2 - D_2^2) - c(D_3^2 - D_4^2)] \times 10}{4r} \quad (1)$$

a ：循環水顏色變更時的井深。

b ：循環水顏色變更時鑽進每分鐘的進尺數。

D_1 ：鑽孔孔徑（ dm ）。

D_2 ：鑽桿外徑（ dm ）。

D_3 ：岩心管外徑（ dm ）。

c ：鑽頭，岩心管及取粉管總長度（ m ）。

r ：當時的排水量（公升/分）。

3. 一些不常見的換層現象。如由緻密的頁岩鑽進到粗鬆而富節理的砂岩時，常有沖洗液突然消失，以及如流砂，湧水，逸出氣體等現象，皆與區域地質構造及岩石性質有關，研究這些現象有時即能相應的確定不同岩石的換層深度。

若在鑽進過程中無上述換層現象或上述換層現象不足以確定換層深度時，則須參考其他方法。一般如岩心採取率較高，可用公式計算方法：

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= Q_1 + (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2) \frac{L_1}{L_b} \\ W_n &= W_{n-1} + (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2) \frac{L_n}{L_b} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$W_1, W_2, \dots, W_n$ ：由上而下的各層岩石換層深度。

Q_1 ：鑽進開始時井深。

Q_2 ：鑽進終止時井深。

P_1 ：該次鑽進殘留進尺。

P_2 ：上次鑽進殘留進尺。

$L_1, L_2, \dots, L_n$ ：自上而下的各段不同性質岩心的長度。

L_b ：岩心長度（ $L_b = L_1 + L_2 + \dots + L_n + P_{p1} - P_{p2}$ ）。

P_{p1} ：本次殘留岩心長度。

P_{p2} ：上次殘留岩心長度。

上述公式的缺點是未把岩性，岩心上下次序，岩心塊數，鑽進時間，鑽進速度，沖洗液壓力等因素考慮進去。而這些因素對岩心磨耗都有不同的影響，因

此也影響上述公式計算結果的正確程度。現將這些因素分述如下：

1. 岩性。由於不同岩石的硬度，機械強度，抗壓力，結構，組織，粒度等不同，在一次鑽進中，岩心磨耗程度亦往往不同。例如同次鑽進取上較堅實的砂岩岩心及鬆軟的頁岩岩心，則砂岩岩心的磨耗必小於頁岩。

2. 岩心上下次序。在鑽進中岩心受到摩擦，旋轉，循環水沖蝕等以致逐漸斷裂而發生磨耗，故同一次取出之岩心，雖岩性相同或差別不大，但在上端者（即先進入岩心管的）較在下端者受到磨損的時間較長而磨耗較大。

3. 岩心塊數。岩心磨耗皆發生在岩心的斷裂面上。岩心在鑽進過程中因本身的層理，節理，裂縫以及鑽粒鑽粉擠夾，堵塞，鑽具旋轉振動等而裂成數段，又因鑽粉鑽粒的不同阻滯作用，各段岩心互作不等速的旋轉，故岩心斷裂接觸處磨損成同心圓狀或平滑狀。在較堅實的岩心上磨損現象更明顯。可以說岩心塊數愈少則磨損愈小，岩心塊數愈多，則磨損愈大。

4. 鑽進時間。岩心的磨損是在鑽進時間內發生的。故鑽進時間長，則岩心磨耗多；鑽進時間短，則岩心磨耗少。

5. 鑽進速度。因每次鑽進至一定深度即須升鑽，故鑽進速度快則鑽進時間少，岩心磨耗亦少。

6. 沖洗液影響。沖洗液循環於鑽孔中，壓力大而速度高，對岩心有沖蝕作用，特別對鬆軟岩石沖蝕作用更大。為了保證質量，對鬆軟岩層應採取雙層岩心管或干鑽法，以減少岩心的磨耗。

在上述對岩心磨耗有直接影響的六種因素中，前三種更為重要，事實上岩心的磨耗只在岩心的接觸處發生，故後三種條件已包括在岩心塊數的條件內。

基於以上情況，在岩心磨耗較大時，用公式計算法來確定變換深度是不切合實際的，應加入各段不同岩性的岩性，塊段及位置等因素來計算。其計算方法如下：

1. 各段不同位置岩心的不同磨耗。

由於岩心進入岩心管的次序有先後，故在上端的採取率必較在下端者為低，因之該次鑽進的平均岩心採取率可以該次鑽進所取得岩心的中點的採取率為準。此中點上下之岩心採取率是漸變的，而該次鑽進所取得岩心之頂點採取率（最低採取率）為 $2R-100$ ，該次鑽進所取各段岩心的採取率等於：

$$R_n = 2R - 100 + \frac{(100-R)(L_n + 2(L_1 + L_2 + \dots + L_{n-1}))}{L_b} \quad (3)$$

$$R: \text{岩心採取率} \left(R = \frac{L_b}{Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2} \right)。$$

$R_1 R_2 \dots R_n$: 各段不同岩性岩心的採取率。

以上式求出的各段岩心採取率除以各段岩心長度，即得該段岩心所應代表之假厚度 K ，而其與該段岩心長度之差，即為該段岩心的磨耗 S 。

$$\left. \begin{aligned} K_n &= \frac{100 L_b L_n}{(100-R) [L_n + 2(L_1 + L_2 + \dots + L_{n-1})] + L_b (2R-100)} \\ S_n &= \frac{(100-R) \{L_n + 2L_b - L_n - 2(L_1 + L_2 + \dots + L_{n-1})\}}{(100-R) [L_n + 2(L_1 + L_2 + \dots + L_{n-1})] + L_b (2R-100)} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$K(K_1 K_2 \dots K_n)$: 各段岩心的代表進尺 ($K = Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2$)。

$S(S_1 S_2 \dots S_n)$: 各段不同岩性岩心的各別磨耗

2. 各段不同塊數岩心的不同磨耗。

斷裂岩心的接觸面必須平整接觸，且有摩擦痕跡方能認為其間有摩擦作用產生，否則如兩塊岩心互相嵌頓，或互相斜交，則在鑽進過程中不能互相旋轉摩擦，即不能產生磨耗，故考慮各段不同塊數岩心之不同磨耗時，不應將上述情況之塊數包括進去。

$$\left. \begin{aligned} S_n &= (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2 - L_b) \frac{J_n}{\sum J} \\ K_n &= L_n + (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2 - L_b) \frac{J_n}{\sum J} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

$J(J_1 J_2 \dots J_n)$: 各段不同岩性岩心塊數

$$\sum J = J_1 + J_2 + \dots + J_n$$

3. 各段不同岩性岩心的不同磨耗。

岩性包括岩石的硬度、組織、結構及其他物理化學性質等，而以硬度為主，硬度高則耐磨性強，反之則磨耗大。岩石硬度一般以摩氏硬度作比較。均質岩石（如砂岩、頁岩、石灰岩、白雲石、玄武岩、大理岩……等）可以該礦物或岩石之一般硬度表示。非均質岩石（如礫岩、花崗岩、片麻岩……等）則須求出該岩石之平均硬度，始能據以計算不同岩性岩心的不同磨耗。求平均硬度之公式如下：

$$V = \frac{\sum dV_r}{100} \quad (6)$$

V : 非均質礦物平均硬度

d : 各種礦物含量百分數

V_r : 各種礦物的硬度。

若各段不同岩性岩心之各別硬度為 $V_1, V_2, \dots, V_n$ 共 D 段, 則各段不同岩性岩心之不同磨耗 S 為:

$$\left. \begin{aligned} S_n &= (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2 - L_0) \frac{\sum V - V_n}{\sum V(D-1)} \\ K_n &= L_n + (Q_2 - Q_1 - P_1 + P_2 - L_0) \frac{\sum V - V_n}{\sum V(D-1)} \end{aligned} \right\} (7)$$

$\sum V$: 各段不同岩性岩心的硬度之和 ($\sum V = V_1 + V_2 + \dots + V_n$)

$V_1, V_2, \dots, V_n$: 各段不同岩性岩心的硬度

D : 各段不同岩性岩心的段數。

將(4)(5)(7)式加以綜合, 則得下式:

$$S_n = \frac{L_n(100 - R_n)}{3R_n} + (K - L_0) \left(\frac{J_n}{3\sum J} + \frac{\sum V - V_n}{3\sum V(D-1)} \right) \quad (8)$$

將(8)式代入(2)式中, 則當岩心採取率較低而又沒有明顯的換層現象時, 據以確定換層深度, 其結果是接近實際的, 公式如下:

$$K_n = \frac{2L_n(50 + R_n)}{3R_n} + (K - L_0) \left(\frac{J_n}{3\sum J} + \frac{\sum V - V_n}{3\sum V(D-1)} \right) \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} W_1 &= Q_1 - P_2 + K_1 \\ W_2 &= W_1 + K_2 \\ W_n &= W_{n-1} + K_n \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

如殘留岩心很少, 可認為該殘留岩心長度即殘留進尺長度, 如殘留岩心較多, 則須在確定殘留進尺時考慮其磨耗, 此時殘留進尺 P 可用下式求得:

$$P = \frac{100L_0 P_{p1}}{100L_0 - P_{p1}(100 - R)} \quad (11)$$

除上述各種確定換層深度的方法外, 尚可借助於對岩心之實際觀察來確定。如以下現象可供確定時之參考。

1. 在鑽進過程中井徑(即鑽頭直徑)變換時, 則在岩心環狀表面上顯著可見井徑變異之痕跡, 即岩心直徑上下變異, 並有清楚界面, 如在該段岩心上岩層變換(上下岩性不同), 即可根據井位變換時之深度適當加減以直接求出其變換深度。如換層發生在井位變異岩心之附近, 則尚須根據其不同位置及硬度計

算出該隣接部分的岩心磨耗, 始能利用井位變異時之深度求出換層深度。

2. 由於在鑽進過程中採用多次投砂法的結果, 在岩心環狀表面上造成漸變性的岩心直徑不均, 其岩心直徑最細之處, 適相當於投入鋼砂時之深度。故記錄投砂時之鑽孔深度, 根據岩心的實際觀察即可確定因投砂不均而造成之岩心直徑不一的岩心或其附近的岩石的變換深度。

3. 當改換使用鑽頭之種類鑽進時, 在岩心上可見岩心直徑和岩心環狀表面擦痕的變異, 一般使用合金片或金剛石鑽頭鑽進所剝取之岩心直徑較鑽粒鑽頭所剝取之岩心直徑為大, 而且在岩心環狀表面上所造成之擦痕亦較光滑, 故若在使用鑽頭之種類改變時所造成之岩心直徑及擦痕變異處附近發生換層時, 即可根據使用鑽頭改變時之深度, 確定換層之深度。

4. 如換層發生在一次鑽進的最下部, 則可根據殘留岩心(或殘留進尺)之長度而直接確定換層深度。例如在該次鑽進所提取之岩心下端距岩心之底 Q 公尺處會發生換層, 並知殘留岩心(或殘留進尺)為 P 公尺, 該次鑽進結束時之井深為 Q 公尺, 則換層深度 W 為:

$$W = Q - P - G$$

在確定鑽探過程中不同岩石及礦體的變換深度之前, 應先確定殘留岩心的長度, 才能進行換層深度的計算。因而對井下殘留岩心長度的確定也是很重要的。往往因為對殘留岩心長度的判斷不準確, 造成換層深度計算的錯誤。

下列現象可作為判斷井下有無殘留岩心的根據:

1. 岩心底部凸出於鑽頭之外, 而岩心之最底端稍大於鑽頭內徑者為連根拔起之象, 此時井下決無殘留岩心之存在。

2. 岩心底部與鑽頭口平行, 並無摩擦痕跡或摩擦痕跡不顯著而被石子或鑽粒卡得很緊者。

3. 岩心底部雖有摩擦痕跡呈平滑狀或同心圓狀, 但與鑽頭底部平行並已堵塞者。

4. 岩心底部雖有摩擦痕跡, 石子或鑽粒亦卡得不緊, 但岩心底部與鑽頭底部平行, 且上次鑽進之殘留岩心加本次進尺, 數字與本次鑽進提取之岩心長度極相近者。

如無上列情況之一, 皆可認為井下尚有殘留岩心存在。確定殘留長度的方法如下:

1. 岩心管或鑽頭最下端的一段空隙(叫鑽頭空 (F轉第 12 頁))

表 4

未修正前的進尺		修正後的進尺		進 尺 數		岩 心 實 長	岩 心 採 取 率 %		備 註
起	止	起	止	修正前	修正後		修正前	修正後	
100.15	102.50	100.15	102.20	2.35	2.05	1.95	82.9	95.1	
102.50	103.35	102.20	103.35	0.85	1.15	1.15	135.3	100.0	

在上述修正方法中，可看出修正後岩心採取率有了變化，這是由於進尺數變化的原因。一般對岩心實長超過進尺的處理，不應把它放在編錄上，應當在每次的進尺中盡其可能的把殘留在井底的岩心拿上來。關於這一點地質局曾作過規定，但在鑽探現場中往往執行得不够認真，因之造成岩心磨損率的增高，甚至還可能造成事故，並導致回次採取率不能達到要求的後果。也有利用殘留岩心來提高岩心實際採取率的，這種作法必須糾正。

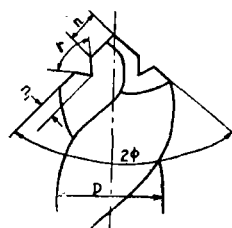
一般有關進尺的修正是先修正超過進尺的岩心實長，再修正井深平差，井深平差是以上次驗證到本次驗證的期間作為一個階段的。

上面所述的有關正確掌握鑽探進程中的空間位置的一些辦法，僅是在原始編錄中的一部份，至於依據這些資料進一步的在編製礦體的各種投影圖紙時，還要依據實際進行的鑽進方位、傾角來作適當的修正，關於這方面本文就不擬述及了。

使用多刃鑽頭加工接手孔

鞍山分局修配廠 曹 爾 忠

我廠在加工鑽桿接手的中孔時，使用了一種多刃鑽頭（如圖所示）這種鑽頭製作簡單，用普通鑽頭在砂輪上磨制加工即成。其規格尺寸見附表。使用此種鑽頭加工 $\phi 42$ 鑽桿接手時，轉數可達 750 轉/分，加工 $\phi 50$ 鑽桿接手時，轉數可達 600 轉/分。因而可提高加工效率一倍左右。



附表

符 號 規 格	2φ	r	D
$\phi 42$	116°	4	3
$\phi 50$	112°	3	2

（上接第 15 頁）

位）之長度即為殘留岩心之長度。但應注意石子或鑽粒之卡緊程度，因為在採取岩心後的升鑽過程中，可能由於鑽具的振動而使岩心向下滑動，而得出不正確的結果。故如石子或鑽粒把岩心卡得很緊，說明岩心尚未向下滑落，反之，量出的鑽頭空位只能作為確定殘留長度時之參考。

2. 在提取岩心後第二次下降鑽具中，往往因井下有殘留岩心而使鑽具不能立即降到井底。測量其深度與孔深之差，即為上次鑽進之殘留岩心長度，但往往由於井上鑽粉及鑽粒之堆積，或由於孔壁坍塌或掉塊等堆積物亦能使鑽具不能立即降到井底，故用此法確定殘留岩心長度時，應加考慮。

3. 若無上述兩種情況，或上述情況不足以確定

殘留岩心的長度時，可用計算法算出殘留岩心長度。即本次進尺加上次鑽進之殘留岩心長度減去本次鑽進提取之岩心長度，再適當除掉岩心磨耗即為本次鑽進之殘留岩心長度。但岩心磨耗數字不能絕對正確，故此種計算方法亦不太可靠。

在上述三種方法中，第二種方法因井下常有殘留岩鑽粉，鑽粒，掉塊等堆積，第三種方法因岩心磨損情況不易估計正確，因此影響了其計算的準確性。故在極大多數情況下，均應用第一種方法，特別是石子或鑽粒把岩心卡得很緊的情況下，求出的殘留岩心長度是很可靠的，而只有根據可靠的殘留岩心長度才能正確的確定換層深度。