

# 斷層對礦床勘探的影響 和勘探中應採取的措施

· 熊秉信、彭胤斌 ·

## 一、斷層的勘探分類

有色金屬礦床在產狀方面一般頗不規則，在構造上如果又受到褶曲或斷裂的破壞，礦床的形狀更加複雜化，勘探時更須細緻從事。即使在規模巨大的煤礦或鐵礦區倘若同樣受到構造的影響也會增加在勘探中的困難。褶曲對礦床的產狀變化雖有影響，而在勘探時倘有綫索可循，但當礦脈遭受斷層破壞時則須採取一系列的措施，否則勘探工程就會產生浪費。

在勘探中所遇斷層，不按成因而按其明顯程度約可分為二類：一為無明顯斷層面的，一為有明顯斷層滑動面的。

第一類斷層之特徵為破碎帶寬，有角礫岩，無一定的斷層滑動面，由於斷層兩壁多為厚層灰岩或砂岩，甚或其他上下岩層位對於對比的岩層，很難分辨斷層的性質，斷層走向或斷層錯動的方向，僅可能按角礫岩的礫石組成物質和礫石間粘結性的鬆緊程度，以及粘結物的性質來推斷其屬於逆斷層或正斷層。

角礫石間的粘結程度可以說明它會否受過壓力。如果疏鬆說明此斷層未受過壓力，可能是正斷層。如果緻密，則可能是逆斷層。

角礫石間如有很多次生的方解石充填或礫石間的孔隙中有成層的泥質的或沙質物充填，甚或保留有空洞，則屬於正斷層。如果角礫石大小緊密相接，或其間極少孔隙或次生方解石，或極少次生的充填物，則為逆斷層的象徵。然而據此並不能說明斷層的移位方向，在勘探時仍不能指出如何尋找礦脈之移位部份。

此類斷層在地貌上有時表現為斷層削壁，再根據地層移位情況，即可辨別斷層之上下盤。

第二類斷層之特徵為斷層兩壁是易於對比的岩層，破碎帶狹窄，甚至不僅有滑動面，移位現象顯著，有擦痕，有時有拖振現象。根據擦痕之方向及間斷情況以及拖振現象即可察知移位方向。在勘探時對

斷失之礦脈尋較易，但在坑道中因所揭露之地質現象不多，進行探索斷失之礦體仍存在一定的困難。

在氧化後或風化後的硫化礦體邊緣，因其一部份物質為地下水溶失，體積變小，因而受重力關係向下移動，而其圍岩特別是石灰岩仍保持原位置不變，往往在氧化礦體與其圍岩之間甚至有時在礦體中產生滑痕。此種滑痕每易誤認為斷層擦痕，應予注意。此外由於地滑現象所形成之滑動，一般系非常局部者，亦應予以區別。

## 二、遭遇第一類斷層之礦脈勘探方法

在以坑道勘探礦床而遇第一類斷層時，首先應注意角礫岩中有無礦石之碎塊。因一般礦體在發生斷層後，在錯動方向的斷層帶之角礫岩中往往夾有礦石的碎塊（圖1）。

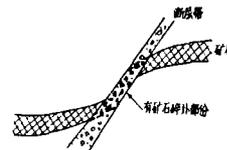


圖 1

隨後沿破碎帶之邊緣開拓坑道，最好一壁為破碎帶，另一壁為完整之圍岩。在坑道前進中隨時觀察礦石碎塊之存在與否。及至沒有礦石碎塊混雜時，即視完整岩石之一壁有無礦體存在，否則即自此點打一垂直此巷之水平坑道穿過破碎帶。在前進中仍應注意礦石碎塊之有無，如果逐漸減少甚至不存在時，即應將坑道轉向有礦石碎塊存在的方面。及至達到未破碎之處即可找到礦體（如圖2）。

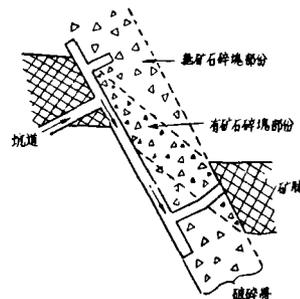
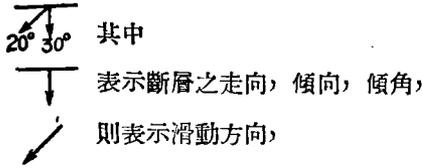


圖 2 以坑道探索斷失礦體平面圖

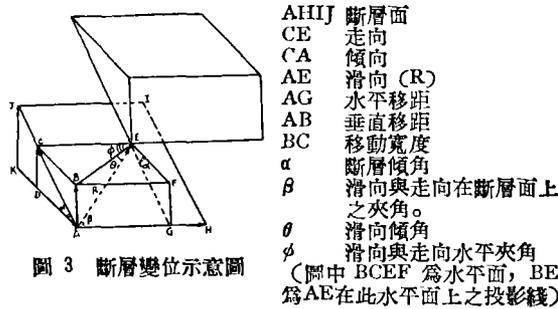
### 三、遭遇第二類斷層之礦脈勘探方法。

#### (1) 斷層符號的建議

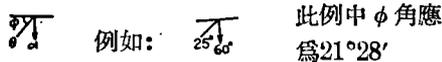
第二類斷層具有清楚的擦痕，根據擦痕方向，可以尋找礦體的移位部份。一般對此種斷層之表示符號為



後一箭頭與走向符號之夾角為斷層面上擦痕方向與斷層走向之夾角（見 A.A. 別里茨基：構造斷裂的分類及其幾何研究方法第 56 頁）。由於此種表示方法不易令人理解斷層滑動方向的方位角，故在設計坑道方向或鑽孔時，不能提供正確資料。有的僅用  $\downarrow$  表示走向傾向與傾角而無滑動方向，對於勘探意義不大。為避免這些缺點，建議採用一個新的圖例，這個新圖例是在原圖例的基礎上提出的。茲以圖 3 說明：

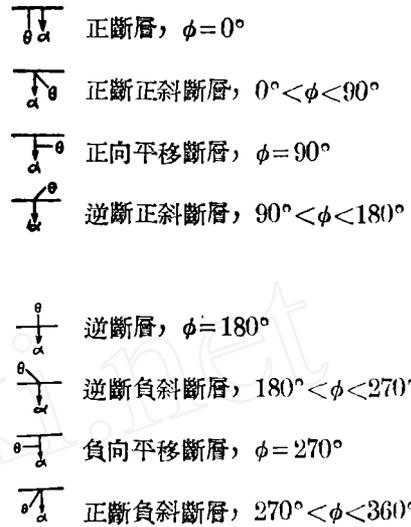


根據上圖我們認為附有滑向的斷層符號應同時表示出滑向與走向的水平夾角 ( $\phi$ ) 及滑向傾角 ( $\theta$ )。由此得出水平的斷層符號應為：



其中  $\phi$  為實際在圖紙上以量角儀畫出的角度，如斷層傾角 ( $\alpha$ ) 為  $60^\circ$ ， $\theta$  為  $25^\circ$ ，則  $\phi$  為  $21^\circ 28'$ ，即按此角度畫出。

由於  $\phi$  角係依滑向與走向在斷層面上之夾角 ( $\beta$ ) 轉動而改變，因此索波列夫斯基的變位分類（參閱 П.А. 雷諾夫“礦體幾何學” 341~346 頁）也同樣適合  $\phi$  在水平面上的表示。如：



其中逆斷層及正斷層  $\theta = \alpha$ ，即滑向傾角與斷層傾角相同，因此可記為  $\downarrow$  (逆斷層) 及  $\downarrow$  (正斷層)。

我們知道  $\phi$  角及  $\theta$  角並不是可以準確量得，特別是當斷層面傾角 ( $\alpha$ ) 陡時，因以羅盤邊緣緊靠滑痕，磁針即不易轉動， $\phi$  角更不易量得，甚至不可能；當量  $\theta$  角時因手指不易掌握羅盤上的傾斜儀每每祇能得一個概數。反之， $\alpha$  及  $\beta$  角則在任何情況下皆可量得。因此我們最好在量得  $\alpha$  及  $\beta$  角後，再算出  $\phi$  及  $\theta$  角的度數。根據三角學，任一角函數之絕對值等於其銳角之值，因而  $\phi$  角可由滑向在水平面上之投影綫與走向綫所夾之銳角表示。當  $\alpha$  角在斷層面以傾斜儀量得， $\beta$  角用量角儀在斷層面上實際量得後，即可按下列二式求出  $\theta$  角及  $\phi$  角。

$$\sin \theta = \sin \alpha \sin \beta \dots \dots \dots \text{I}$$

$$\tan \phi = \tan \beta \cos \alpha \dots \dots \dots \text{II}$$

其中 (I) 式按下式求得

$$AB = \sin \alpha \cdot AC \dots \dots \dots (1)$$

$$AE = \frac{AC}{\sin \beta} \dots \dots \dots (2)$$

以 (1)+(2)，即得 (I) 式。

(II) 式係按下式求得：（參閱 A.A. 別里茨基：構造斷裂的分類及其幾何研究方法第 63 頁）

$$BC = AC \cos \alpha \dots \dots \dots (3)$$

$$AC = AE \sin \beta \dots \dots \dots (4)$$

$$CE = AE \cos \beta \dots \dots \dots (5)$$

(3) × (4) + (5) 即得 (II) 式。

滑向傾角( $\theta$ )換算表

附表 1

校正 值	$\beta$ 或 $\alpha$ 角																	
	89°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	
$\alpha$	1°	1°	1°	58'	57'	55'	52'	49'	46'	42'	39'	35'	30'	25'	21'	16'	10'	
	5°	5°	4°59'	4°56'	4°50'	4°42'	4°32'	4°20'	4°6'	3°50'	3°32'	3°13'	2°52'	2°30'	2°5'	1°43'	1°18'	52'
	10°	10°	9°58'	9°51'	9°39'	9°24'	9°3'	8°39'	8°11'	7°39'	7°3'	6°25'	5°43'	4°59'	4°13'	3°24'	2°35'	1°49'
	15°	15°	14°57'	14°46'	14°29'	14°4'	13°34'	12°50'	12°14'	11°26'	10°33'	9°35'	8°32'	7°26'	6°17'	5°5'	3°51'	
	20°	20°	19°52'	19°41'	19°14'	18°45'	18°3'	17°13'	16°13'	15°11'	14°	12°42'	11°18'	9°51'	8°18'	6°43'		
	25°	25°	24°54'	24°36'	24°5'	23°24'	22°31'	21°28'	20°15'	18°53'	17°23'	15°46'	14°2'	12°12'	10°17'			
	30°	30°	29°53'	29°30'	28°53'	28°1'	26°57'	25°40'	24°11'	22°31'	20°41'	18°45'	16°40'	14°29'				
	35°	35°	34°51'	34°24'	33°39'	32°37'	31°20'	29°47'	28°2'	26°4'	23°56'	21°38'	19°13'					
	40°	40°	39°49'	39°16'	37°39'	37°10'	35°33'	33°50'	31°47'	29°30'	27°2'	24°24'						
	45°	45°	44°57'	44°8'	43°5'	41°38'	39°51'	37°48'	35°24'	32°47'	30°							
	50°	50°	49°43'	48°58'	47°43'	46°2'	43°58'	41°33'	38°52'	35°56'								
	55°	55°	54°40'	53°47'	52°18'	50°20'	48°1'	45°11'	42°9'									
	60°	60°	59°37'	58°31'	56°46'	54°28'	51°43'	48°34'										
	65°	65°	64°32'	63°12'	61°5'	58°23'	55°13'											
	70°	70°	69°24'	67°44'	65°11'	62°1'												
	75°	75°	74°12'	72°2'	68°54'													
	80°	80°	78°50'	75°53'														
	85°	85°	84°56'															
	99°	89°																

滑向與走向的水平夾角( $\phi$ )換算表

附表 2

校正 值	$\beta$ 或 $\alpha$ 角																		
	89°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°	
$\alpha$	1°	89°	85°	80°	75°	70°	65°	60°	55°	50°	45°	40°	35°	30°	25°	20°	15°	10°	5°
	5°	89°	84°59'	79°58'	74°54'	69°54'	64°54'	59°54'	54°54'	49°54'	44°54'	39°54'	34°54'	29°54'	24°54'	19°54'	14°54'	9°54'	4°54'
	10°	88°59'	84°55'	79°51'	74°42'	69°42'	64°42'	59°40'	54°36'	49°36'	44°30'	39°6'	34°36'	29°36'	24°50'	19°42'	14°48'	9°50'	
	15°	88°58'	84°50'	79°39'	74°30'	69°20'	64°12'	59°6'	54°	49°6'	44°	39°	34°	29°6'	24°12'	19°24'	14°30'		
	20°	88°56'	84°41'	79°22'	74°	68°50'	63°36'	58°30'	53°18'	48°12'	43°12'	38°18'	33°18'	28°30'	23°42'	18°45'			
	25°	88°54'	84°29'	78°59'	73°30'	68°6'	62°48'	57°30'	51°54'	47°12'	42°12'	37°12'	32°24'	27°36'	22°54'				
	30°	88°52'	84°14'	78°30'	72°48'	67°12'	61°42'	56°18'	51°	45°54'	40°54'	36°	31°12'	26°36'					
	35°	88°47'	83°51'	77°51'	71°54'	66°6'	60°24'	55°	49°30'	44°18'	39°18'	34°36'	29°42'						
	40°	88°40'	83°29'	77°2'	70°42'	64°36'	58°42'	53°	47°48'	42°34'	37°30'	32°42'							
	45°	88°35'	82°57'	76°	68°12'	62°48'	56°36'	50°48'	45°18'	40°6'	35°18'								
	50°	88°27'	82°15'	74°36'	67°6'	60°30'	54°	48°6'	42°30'	37°30'									
	55°	88°15'	81°20'	72°45'	65°	57°36'	50°54'	44°48'	39°12'										
	60°	88°	88°5'	70°36'	61°48'	53°54'	47°	40°54'											
	65°	87°40'	78°20'	67°24'	57°42'	49°18'	42°12'												
	70°	87°6'	75°36'	62°42'	51°54'	43°12'													
	75°	86°10'	71°12'	55°42'	44°														
	80°	84°15'	63°12'	44°36'															
	85°	78°40'	44°54'																
	89°	45°																	

為便利計，現按(I)及(II)算出兩個附表。只要在現場量出 $\alpha$ 及 $\beta$ 角，即可照表查出 $\theta$ 及 $\phi$ 角的數值。

表中在縱的方向左邊行是 $\alpha$ 角或 $\beta$ 角的度數，橫的方向下邊行是 $\beta$ 角或 $\alpha$ 角。如以左邊行查 $\alpha$ 角則下邊行查 $\beta$ 角，反之亦可。在表中兩個角度相應的行相交的數字即為要換算的數字。由第一表可查 $\theta$ 角(滑向傾角)。第二表查 $\phi$ 角(滑向與走向的水平夾角)。此二表只適用於沿直綫運動之斷層，對曲綫運動者不在此表範圍以內。

(2) 如何進行勘探斷層錯失之礦體。

首先應研究全礦區斷層的一般規律性。如以正斷層為主，則遇斷層時應先按正斷層進行考慮探索方式。

其次研究礦體圍岩的對此。就已知部分先研究似層狀礦體所在岩層及其上下盤之岩性或層序。據此再研究移位部分岩層物理性質(顏色，硬度等)或化學性質(可通過化驗或光譜分析決定)，或根據圍岩蝕變的種類及其程度，或其褪色或結晶情況進行對比，以查其移位之可能方向。

第三，對斷層擦痕進行研究以決定斷層之滑向。首先根據斷層走向及 $\phi$ 角在平面圖上畫出之滑向綫(B)再通過滑向綫於一垂直斷面圖。在此斷面圖上，按 $\theta$ 角畫出斷層面，即可進行設計勘探工程。如能根據已有資料瞭解滑向移距，則可以更準確地設計在何處可佈置鑽孔並計算出方位角和傾斜角度；甚至在何深度

可以遇礦。如採用坑探也可準確地決定坑道方向及遇礦地點。如果不知移距，則可按滑向設計上山、下山、水平坑道或坡度不規則而按滑向前進的小型試探坑道；或先開一與滑向一致的水平坑道，再進行小型鑽探。

第四，當斷層產生時，礦體受擠壓而變薄、彎曲，甚至破碎而成碎塊夾於斷層帶。根據礦體變薄或彎曲之方向即可找出移位之部份(圖1)。

第五，根據斷層面兩側的斜交裂隙或剪切裂痕，亦可瞭解斷層兩壁相互移動的方向。亦即裂痕與斷層面所交銳角的反對方向就是岩層斷移的方向。依此，即可追索斷失的礦體(圖4)。



圖4 斷層斜交裂隙示意圖

#### 四 結 語

本文所提到的構造斷裂類型是比較少的，因為在很多書籍中已有詳細的論述。主要在於提出下列四個問題，進行討論：

- (1) 斷層的實用分類：①無明顯斷層面的，及②有明顯斷層面的。
- (2) 遭遇斷層時對礦脈的勘探方法。
- (3) 斷層符號的建議
- (4) 斷層滑向傾角( $\theta$ )及滑向與走向的水平夾角( $\phi$ )的換算。

(上接20頁)

至於砲穴的橢圓體長軸的尺寸，則較為容易測量，通常用掏杓和鋼捲尺即可。先量其底部然後再量出空腔上部，求出二數差即得。

#### 三、幾點體會

1. 擴底爆破法較其他爆破法可節省炮孔近20%，由於手掘工作的特點是打眼速度慢，因此在達到同樣進尺的前提下，減少炮孔即可縮短鑿岩工序以至掘進循環的時間，加快了掘進速度。

2. 擴底爆破法是利用近2kg的炸藥在掏心孔內集中爆炸，故爆力強大，爆破效果較一般的方法具有突出的優點，因而掏心孔可為其他孔創造出較大的錐形自由面，減少了邊眼的最小抵抗綫，使全套炮眼的

有效利用率提高，通常中硬以下岩石其爆破率可達100%，並可節省15%的鈎鋼。

3. 炸藥消耗量在同樣條件下，較其他方法增加10%左右。

4. 由於擴孔時放炮次數較多，故必須有良好的通風條件，否則通風時間增加，影響整個掘進時間的增長。

5. 擴底爆破法在一般岩石下都可適用，但最適宜硬岩中。因為在中硬或軟岩中可能破壞岩石的整體性，降低了巷道的穩固性；在岩石節理十分發達處由於大量高壓瓦斯逸去，爆破效果可能不高。通常在中硬或硬岩而帶有節理之處，可用單孔擴底爆破法；較硬岩石處應用雙孔擴底爆破法。