

中华人民共和国煤炭工业部生产司編

贯通测量工作

煤炭工业出版社

內 容 提 要

在採礦和築路工程中，對於開鑿井巷和隧道，為了加速工程進度、縮短建設時間，往往採用一對相向工作面或幾對相向工作面同時進行開鑿。這就需要很精確的貫通測量工作。

本書對於貫通測量工作作了簡明扼要的敘述，對於角度測量誤差、長度測量誤差、定向測量誤差以及貫通地點總誤差都作了詳細的說明，並列舉了貫通測量工作的實例和貫通測量誤差計算公式。

本書可供礦山測量人員、鐵路測量人員閱讀，亦可供各礦業院校測量專業師生參考。

879

貫 通 測 量 工 作

煤炭工業部生產司編

*

煤炭工業出版社出版(社址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 084 号

煤炭工業出版社印刷廠排印

新華書店發行

*

開本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印張 $1\frac{3}{4}$ 字數 35,000

1958 年 11 月北京第 1 版 1958 年 11 月北京第 1 次印刷

統一書號：15035·597 印數：0,001—3,000 冊 定價：0.27 元

目 錄

用相向工作面开鑿巷道时的礦山測量工作	1
用相向工作面开鑿巷道时的礦山測量部門的任务	5
貫通的种类	7
確定对开巷道中心線方向时的測量誤差	9
經緯仪和觇标对正中心的精度	10
角度測量的中誤差	10
測量導線边長的誤差	14
定向誤差	15
在水平方向上受定向誤差所决定的設計導線点的坐标誤差	18
对开巷道預期誤差的計算	19
用相向工作面开鑿豎井时中心線誤差的預先計算	33
附錄： 根据導線最后点位置的容許偏差來確定導線各角 和各边的測量方法	44

用相向工作面開凿巷道时的矿山測量工作

解决在建井和現有礦井進行生產過程中所存在的幾何問題，為礦山測量部門的主要工作之一。在開採有用礦物的礦體時，礦山測量人員要把設計好了的井巷位置在實地上標定出來。在採礦工業中，或在建築地下鐵道、開鑿隧道時，都廣泛使用相向工作面的開鑿方法開鑿各種井巷和隧道。用相向工作面開鑿井巷的方法的意義由此可見。

任何一種井巷，如井筒、下山、石門、順槽和其他巷道等均有同時以數對相向工作面或順向工作面來開鑿的。

以數個工作面開鑿同一井巷，比用一個工作面開鑿時，能使所需時間大為節省（就實際每月平均所達的掘進速度而言），而且往往還能使工作條件，如通風、排水、運輸等大為改善。

用相向工作面掘鑿井巷是極其盛行的，而同時又是一種極其困難的、吃力的、責任重大的工作。

在實際礦山測量工作中，往往將用相向工作面開鑿巷道的工作稱為“貫通巷道”、“對開掌子”或簡稱為“貫通”。茲舉幾個代表性的例子於下，以作我們上面所講開鑿井巷方法的說明。

例一、為了開採喀切卡里金鑛的一群礦脈要開鑿兩個豎井，彼此之間距離為一公里（圖1）。

為了接通此兩井筒，決定以相向工作面，打一石門（相向工作面的掘進方向，如圖1箭頭所示）。用此種方法

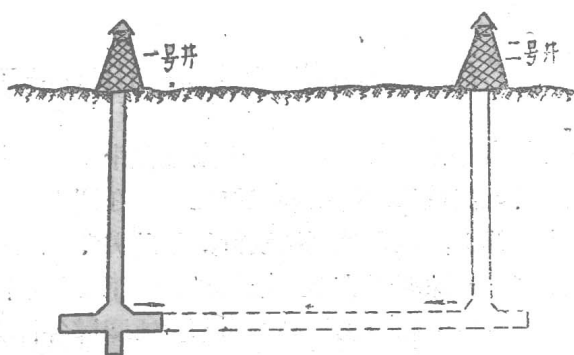


圖 1 兩豎井之間石門貫通

開鑿石門的速度比用一個工作面的開鑿的速度快了一倍，這是極其重要的。譬如，石門的開鑿速度每月為 50 公尺時，用一個工作面掘進則需 20 個月，而用相向的兩個工作面掘進，則只需 10 個月。

例二、在某一煤礦里爲了開拓新的第九水平，打了三個下山，爲了將此三個下山在此新的第九水平上彼此連通，需開一個長約三公里的巷道（圖 2）。開鑿這個第九水平的平巷之法有二：

一、用一個工作面在煤層中由第一下山掘至第三下山。在這種情況下，不需要特殊的測量作業；因爲沿煤層開的這條平巷，必然與先開好的第二、第三兩下山相接通。

二、用兩對相向工作面由每個下山開始掘進，其掘進方向如圖上箭頭所示。此時，爲了保證由每個下山都能在同一水平上掘進，和爲了保證巷道的規定坡度，便須進行

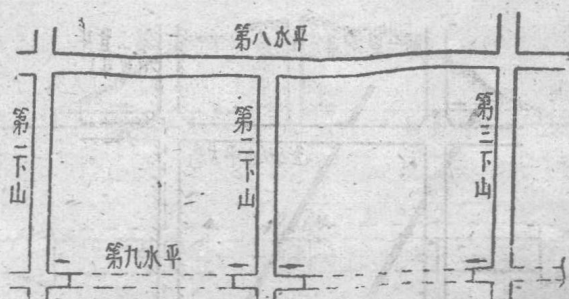


圖 2 用四個工作面開鑿第九水平

礦山測量工作。將這兩種開鑿平巷的方法加以比較，我們認為後法較好。因為採用後法時，第一，能大大縮短巷道的掘進時間；第二，能使開此巷道時的獨頭工作面易於通風。

例三、某礦井開採一個急傾斜煤層的煤系，有三個豎井：第一豎井、第二豎井和第三豎井。第一豎井和第二豎井為生產井筒，此二井筒均已打至 440 公尺的水平（圖 3）。為了準備出下一階段，已將裝有罐籠的第二井筒由 440 公尺水平延深至 537 公尺水平，並在 537 公尺的水平上開出了井底車場的巷道，掘到裝有箕斗的第一井筒的底部；而且已由此底部，按第一井筒的全斷面，由下向上開鑿其延深部分。不久，又按第一井筒的全斷面，從 440 公尺水平，將其向下延深，以使其上下貫通。

第一井筒總共延深 97 公尺，其中 42 公尺為由下向上開鑿的，其餘 55 公尺則為由上向下開鑿的。這樣，第一井筒的延深不僅花費了較少的時間，而且使 537 公尺的

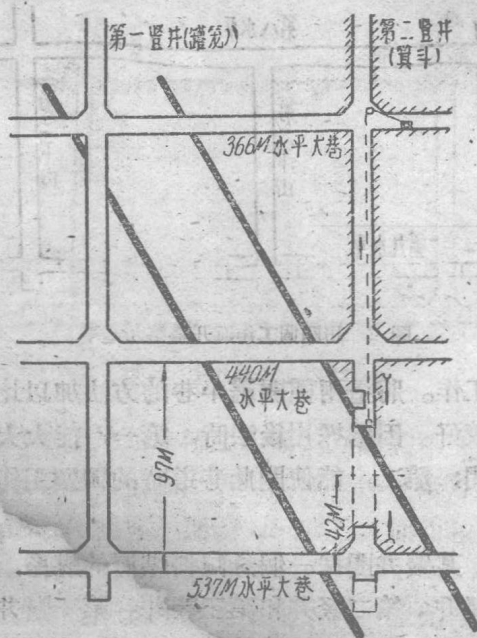


圖 3 用兩個相向工作面作一號箕斗井筒的延深的貫通測量

井底車場得以先行建成。

例四、爲了建築寶成鐵路，需要在秦嶺開鑿一個長約二千五百公尺的隧道。

爲了加速這個隧道的貫通和迅速建成這條對發展國民經濟具有極重要意義的寶成鐵路，決定由隧道的南北二端進行兩方面的開鑿。但是，建成時間仍然很長。爲了使此項貫通工作再增加一對工作面，所以特別又開鑿了一個小豎井，以便再從小豎井向兩端開鑿（圖 4）。

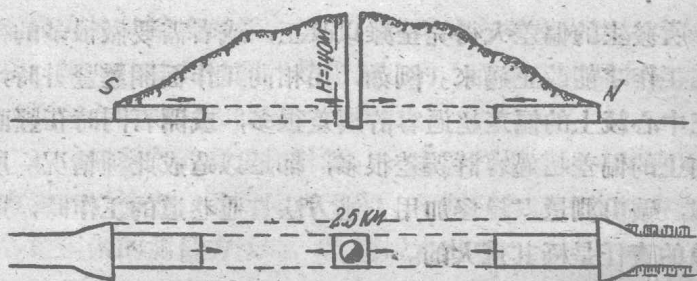


圖 4 用兩對相向工作面作隧道貫通

這樣一來，這一隧道即用兩對相向工作面進行貫通，毫無疑問，其貫通的時日則大為縮短。

用相向工作面貫通巷道的方法的實質，由上面所舉的例子中已可看清。但在這裡，還必須提一下：所謂順向工作面井巷開鑿法，則是開鑿一條巷道時，幾個工作面彼此向同一方向開鑿。

這種情況，我們可以想象出：假如在我們上面所舉的例二中，第二下山不向第一下山方向掘進，只從第一下山向第二下山方向掘進，則其工作面即為順向的工作面。

用相向工作面開掘巷道時的 矿山測量部門的任務

一個巷道由兩端對開，當能使其一端的中心綫為另一端的中心綫的延長綫時，方能保證正確的貫通。

如不能達到上述的要求，就需要改正已掘好的巷道，做許多額外的工作。有時候，在同一井巷的兩部分或數部

分所發生的偏差大得完全難以改正，或者需要做很多的補充工作才能改正過來。例如，用相向工作面開鑿豎井時，在中心綫上的偏差超過容許誤差很多，或開石門時在豎直面上的偏差超過容許誤差很多，都足以造成此種情況。所以，礦山測量人員參加用上述方法貫通巷道的工作時，所負的責任是極其重大的。

負責指導用相向工作面開鑿巷道的測量人員，應在研究設計文件、自己所作測量和計算的基礎上，完成下列三項任務：

1. 確定巷道各工作面在水平面上和豎直面上的方向；
2. 把所需要的方向標於巷道中，並將此方向指給進行掘進的工人；
3. 定時檢查所開工作面的方向是否合乎所給方向，並對工作面方向做必要的改正。

負責指導貫通測量的每個測量人員應該深深知道：如在測量中或計算中發生錯誤，則必然會使所開巷道作廢，增加開支。同時也使整個礦井的礦工對測量人員失掉信任。

由於礦山測量人員對用相向工作面開鑿巷道時，負有特別重大的責任，所以應根據下列規則來決定測量工作方案和進行工作的方法：

1. 測量工作的總方案、進行工作的方法和各項因素的測量方法，均應能保證巷道貫通時中心綫相接所需達到的精度。在這方面，可能犯有兩種偏向：第一，選擇測量

方案和方法的精度過低；第二，選擇的方案及方法的精度過高。第一種偏向很顯然是應禁止的，而第二種偏向則會造成測量人員勞力和時間的浪費。

2. 對所作的測量和計算，一定要利用任何一種可用的方法加以檢查。這種檢查工作，在制定測量工作總方案及各種因素的測量方法時，均應規定出來。

此項必要的檢查工作，以用經緯儀閉合導綫、測量總方案中各個部分的複測和重新計算等法來進行。

由於礦山測量人員肩負着貫通的重大責任，因此要求礦山測量人員對測量結果和計算結果盡可能地進行各方面的複核。

貫 通 的 種 類

在實際測量工作中所常見到的、用相向工作面開鑿巷道的工作，是多種多樣的，但可綜合為兩類：一類是沿“導向層”的貫通，一類是非沿“導向層”的貫通。所謂“導向層”就是指開鑿巷道時所沿的煤層、特別夾石層、礦脈、煤層頂板或煤層底板、金屬礦層層面等。

第一類的貫通又分為兩種：

第一種——沿“導向層”以相向工作面開鑿水平的或近乎水平的巷道的貫通工作。圖2所示由各下山開鑿平巷的工作即為這種貫通工作的實例。

第二種——沿“導向層”以相向工作面開鑿傾斜巷道的貫通工作。沿煤層開鑿上山、斜井、下山等的開鑿工作，即為這種貫通工作的實例（以圖2來說，如需由第八

水平和第九水平開鑿第一下山，即爲此種的貫通工作）。

第二類的貫通，即非沿“導向層”的貫通。此類貫通又分爲三種，繼續按上述種別次序來說，可序爲第三種、第四種及第五種。

第三種爲將同一礦井中某兩個彼此已經間接相通的巷道，用相向工作面開以水平或傾斜巷道，使其彼此直接相通起來所作的貫通工作。象在一個礦井內同一水平的兩個或兩個以上的煤層之間，用相向工作面鑿一石門就是這種貫通工作的實例。在克里窩羅格金屬礦內於同一水平的兩個平巷之間鑿一聯絡橫巷，由該兩平巷同時對開之，也屬於此種貫通工作。

第四種爲將不同礦井內某兩個彼此不通的巷道，用相向工作面開以水平或傾斜巷道，使其彼此連通起來所作的貫通工作。象圖 1 所示：在一對豎井之間用相向工作面鑿一石門，使兩豎井彼此相通，便爲一例。此外，用相向工作面開鑿的秦嶺隧道，亦系一例（圖 4）。

第五種爲用相向工作面開鑿豎直巷道（豎井井筒、暗井）的貫通工作。圖 3 中所示的由兩個水平作延深豎井的工作，便是此種貫通工作的實例。礦山測量人員，在進行編制礦山測量工作和爲確定所開巷道的各個工作面方向所需作的計算和測量的方案以前，應首先搞清楚自己承擔的系哪一種貫通任務，而後再着手制定貫通工作測量方案。

在“生產礦井測量規程”第 149 條中規定：“開鑿對開巷道之前應計算對開巷道每一重要方向的預期誤差”。所謂重要方向乃指在巷道相遇之點與巷道中心綫相垂直的

方向。

對開鑿切割眼、平行風巷、回風巷道等工作的貫通測量，並不需要很高的精確度，不必進行編制特別的貫通方案和預期誤差計算。

確定對開巷道中心綫方向時的測量誤差

我們現在講一下：在對開巷道時，關於貫通工作和預期誤差的礦山測量設計中所常遇到的確定各種測量誤差的問題。

在給對開巷道的方向時，應預先知道由於測量而產生的不可避免的誤差所形成的對開巷道中心綫的可能誤差。因為開鑿的巷道在水平面和豎直面上的方向是分別確定的，所以在此兩個面上的誤差也是分別進行計算的。

巷道中心綫在水平面上的方向，是根據地面和井下的導綫測量及定向測量的兩種測量結果求出的。因此，我們必須分析一下，導綫測量和定向測量的誤差對水平面上的貫通誤差的影响。

在豎直面上，巷道中心綫的方向是根據通過豎井傳遞標高及幾何高程測量和三角高程測量的結果求出的。這樣，就有必要講述一下此三種工作的誤差累積問題。

在分析對開巷道的誤差時，基點坐標和基邊方向的誤差不必考慮；因為，各種貫通工作都可採用假定坐標系統來進行。

經緯儀和觇標對正中心的精度

觇標和經緯儀用不同的方法對正中心的精度，經過多年的研究得出各種不同方法，對正中心的誤差的近似值如表 1 所示。

表 1

對正中心的方法	對心差的平均值 (公厘)
用垂綫一次對正中心法	1.0—1.2
光學對正中心法	0.5—1.0
用儀器自動對正中心法	0.2—0.5

在井下測量中，經緯儀和觇標的三種對正中心的方法，以儀器自動對正中心法為最佳。因為，它不單是最準確，而且又是最方便的一種方法。

角度測量的中誤差

當用複測法或測回法測量每個角度時，其測角工作包括照准和讀取讀數。每次的照准和讀取讀數，都是要產生誤差的。這種誤差都使測量的最終結果受到影響。

我們用下列符號表示各種誤差：

m_0 ——讀數的中誤差（該讀數是按兩個游標的平均讀數求得的）；

m_v ——照准中誤差；

n ——複測或測回的次數；

$m_{\theta H}$ ——角度測量中誤差（即受儀器上的讀數設備的

精度、鏡片的質量及用該儀器量角的方法等所決定的中誤差)。

實際測量工作中，採用兩種主要量角法——測回法和複測法。現在讓我們來求一下，每一方法的角度測量中誤差。用測回法和複測法量角時，照准次數均相同。在此兩種情況下，經緯儀望遠鏡都要向覘標照准 $4n$ 次。但用複測法時，只取兩次讀數；用測回法時，要取 $4n$ 次讀數。因為井下測量時讀數較為困難，所以讀數次數的減少對井下測量是非常重要的。

設用測回法量角的次數為 n 時，角度測量的中誤差則為：

$$m_{\beta H} = \pm \sqrt{\frac{m_0^2}{n} + \frac{m_v^2}{n}}, \quad (1)$$

設用複測法量角的次數為 n 時，角度測量的中誤差則為：

$$m_{\beta H} = \pm \sqrt{\frac{m_0^2}{2n^2} + \frac{m_v^2}{n}}, \quad (2)$$

讀數誤差可按下列公式求出：

$$m_0 = \frac{t}{3.5} \text{ 或 } m_0 = \frac{0.3t}{\sqrt{2}},$$

式中 t ——游標讀數精度。

例如：經緯儀的游標讀數精度 $t = 30''$ ，則

$$m_0 = \frac{30''}{3.5} = \pm 8.5''。$$

照准誤差的求法如下。

地面測量照准誤差用下式求出：

$$m_v = \frac{60''}{v}, \quad (a)$$

$$\text{或 } m_v = \frac{d''}{12}; \quad (b)$$

井下測量照准誤差用下式求出：

$$m_v = \frac{100''}{v}, \quad (c)$$

(指 ТГ-1 型經緯儀而言)

式中 v ——經緯儀望遠鏡的放大率；

d ——經緯儀十字線的兩條視線間視差角（一般此角等於 $50''$ — $60''$ ）

在礦山測量書中常常碰到的照准誤差公式是 (a)、(c) 兩式。

對游標讀數精度 $t=2''$ 、 $5''$ 、 $10''$ 的經緯儀，其照准誤差 $m_v = \pm 2''$ 。

要切記，以複測法或測回法以同一種儀器所測的角度誤差僅與測回和複測次數有關。故欲提高量角的精度，只增加測回和複測次數即可。

同時，測角中誤差系隨讀數次數的減少而縮小。讀數誤差恒大於照准誤差，此點也是上述複測法的優點之一。

從達到精度的觀點來看，複測法具有很大優點，所以本法為礦山測量的主要測角方法。

然而，影響量角誤差的不只是儀器精密程度和量測方法，由於覘標和經緯儀的對正中心時不夠精確而產生的誤

差亦對其有所影響。

因為兩個覘標的對正中心的方法一般是相同的，所以應認為 $e_A = e_B = e_{CO}$ 。這樣，測量水平角的中誤差，連覘標及經緯儀對正中心的誤差考慮在內，可按下列公式求出：

$$m''_{\beta} = \pm \sqrt{m_{\beta_H}^2 + \frac{\rho^2}{2a^2b^2} \cdot \left[e_0^2(a^2 + b^2) + e_r^2(a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta) \right]}, \quad (3)$$

式中 m_{β_H} ——可按公式 (1) 或公式 (2) 求出；

e_c ——覘標對正中心的對心差；

e_r ——經緯儀對正中心的對心差；

a, b ——所測角的邊長（公尺）；

β ——所測的角度值（度）。

就礦山測量工作的實際情況來說，對一、二級的井下導線測量，使用垂綫法對正中心時，均以 $e_c = e_r = 1$ 公厘進行計算；這已成為慣例。所以 (3) 式改變如下：

$$m''_{\beta} = \pm \sqrt{m_{\beta_H}^2 + \frac{\rho^2 e_c^2}{a^2 b^2} (a^2 + b^2 - ab \cos \beta)}. \quad (4)$$

進行預期誤差的計算時，可利用上述任一公式算出測量水平角的中誤差。同時亦可按“生產礦井測量規程”中第121條規定的“一級”經緯儀閉合導線的實際角度閉合差不許超過 $\pm 45'' \sqrt{n \dots}$ ，其測角中誤差可採用 22.5 。

測量導綫邊長的誤差

生產礦井測量規程中第114條規定：“由於各種誤差根源而產生的井下一級經緯儀導綫邊長的總中誤差不許超過 1/5000；二級經緯儀導綫邊長的相對的中誤差則不許超過 1/3000”。作預期誤差計算時，應以本條為準。

經驗和研究結果証明：量長誤差如考慮與實際十分吻合的偶然誤差和系統誤差時，可用下式求出：

$$m_l = \pm \frac{a\sqrt{L} + bL}{3}, \quad (5)$$

式中 a——偶然誤差的影响系数；

b——系統誤差的影响系数；

L——導綫邊長（公尺）。

a 和 b 的影响系数只能根據實測的經驗來確定，而且許多礦山測量研究者也已經確定出來。對測量井下導綫各邊，確定了 a 和 b 的極限值如表 2 所示。

表 2

導綫測量級別	偶然誤差影响系数 a	系統誤差影响系数 b
一級	0.0025	0.0001
二級	0.0050	0.0002

利用公式 (5)，能很容易地求出我們所要知道的導綫邊長丈量極限誤差。測量長度的中誤差為極限誤差的三分之一。

例：當一級井下經緯儀導綫邊長 $L = 30.732$ 公尺時，