

矿山測量經驗小丛书

第一冊

貫 通 測 量

本 社 編

測 繪 出 版 社

貫通測量方法介

刘 福 和

一、貫通測量的意义

相向开凿的隧道工程和矿山井巷的貫通，都需有相当精度的測量，并在測量之先，要編制周密的計劃及予先知道貫通巷道結合点最大偏差的数值。这一工作，苏联很早以前就这样做了，无疑，我們也应当这样做。

目前，貫通測量的設計工作，对于我們矿山測量工作者來說，还是一种新的較生疏的工作。但是，这是苏联先进經驗，我們一定要在較短的期間內学会运用它。

有計劃的貫通測量，不仅使結合点的偏差合乎要求，而且在生产組織和經濟核算上，都具有一定的意义和作用，从而避免了測設的盲目性和因測量而造成不应有的損失。为此，必需做出貫通測量設計和精細地进行实测。

二、貫通測量設計

1. 貫通的目的：要做好貫通測量，必需了解貫通目的，因此要根据設計部門的設計写出。

2. 貫通工程測量的期限：根据貫通工作計劃完成的期限，确定由19××年×月×日~19××年×月×日止。

3. 貫通巷道的地点：由×××水平××点~×××水平××点。

4. 原始資料：要有貫通水平1:200的巷道图（包括增补測点的位置及其結果）及与貫通地点有关的点的坐标資料。

5. 技术条件:

(1) 精度要求。关于贯通测量的允许偏差, 在矿山测量文献中, 迄今还没有统一的规定。现在将苏联书中记载的有关相向工作面开凿井巷时中心线偏差的资料介绍如下 (见表 1)。

表 1

贯通种类	用相向工作面法开凿巷道的名称	容 许 偏 差 (米)	
		水平面上的	豎直面上的
1	2	3	4
第一种	沿导向层开凿的水平运输巷道	—	± 0.20
第二种	沿导向层开凿的倾斜巷道	± 0.30	—
第三种	在同一矿井中两巷道之间掘进的水平或倾斜运输巷道	± 0.30	± 0.20
第四种	在两个矿井中开凿的倾斜或水平巷道	± 0.50	± 0.20
第五种	豎井道		
	1. 按安全断面开凿井同时砌永久井壁的	± 0.10	—
	2. 用小断面开掘	$\pm 0.30 - 0.50$	

上表列举的允许偏差为最大误差, 而预计的误差应小于最大误差的三分之一。

$$\text{即 } M_{CP} \leq \frac{1}{3} M_{n.P.},$$

式中 M_{CP} ——预计误差;

$M_{n.P.}$ ——上表的允许误差。

(2) 仪器条件:

经纬仪: $t = ?$ $V = ?$ 钢尺: $t = ?$

水准仪: $V = ?$ $L = ?$

t ——为最小读数; V ——仪器放大率;

L ——水准管刻划值。

6. 导线的設計：导线的設計在貫通設計中也是很重要的一項工作。导线設計的好坏，对测量的精度和所需要的测量時間，有着很大的影响。

导线設計的方法，是根据設計部門所交給的設計圖紙和設計說明書，在設計的平面图上进行选点，选点的原則，尽量同于井下的选点原則，在不是貫通距离之內的点，应尽量应用原有的点（如图1）。

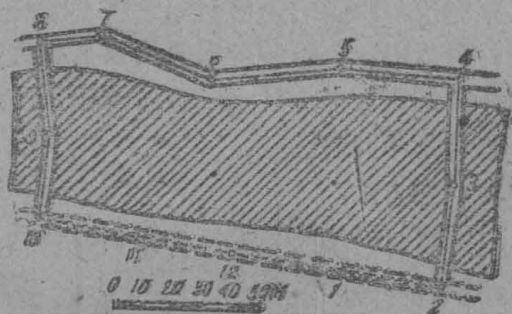


图 1. 在两連絡橫巷之間掘进巷道

在导线設計完了后，可在圖紙上用縮尺和量角器量出各边的边长和各角的角值，并列表进行統計（如表2）。

表 2

点	号	角	值	距	离
	1				
	2				
	3				
	⋮				

7. 测量方法的确定：在貫通測量过程中，测角所用的方

法，經過誤差的分析和比較，復測法是比較好的，所以應該盡量的應用復測法。其復測的次數，要根據工程要求的條件來確定，一般的应用 2—3 個全復測。關於距離的量測，最好要用往返兩次。高程方面的測量，可用變換儀器高，正倒尺法，遠距離進行往返測量。

8. 構成貫通測量方向和距離的誤差：

- (1) 垂直於巷道中心綫，在水平方向上的誤差；
- (2) 巷道的底板，在垂直面上的誤差；
- (3) 貫通中心綫上的距離誤差。

以上三種誤差中，前兩種對貫通測量具有重要的實際意義，後一種在貫通測量中，只起一些附帶作用，為了簡化計算起見，一般的不予計算。

9. 誤差的預計方法：

- (1) 定貫通的軸綫為 Y 軸，如果貫通軸綫是曲綫時，則可由巷道兩端點連綫為 Y 軸；
- (2) 於適當處做 Y 軸的垂綫，此綫為 X 軸；
- (3) 將貫通工作所需要的導綫點投影到 XY 軸上；

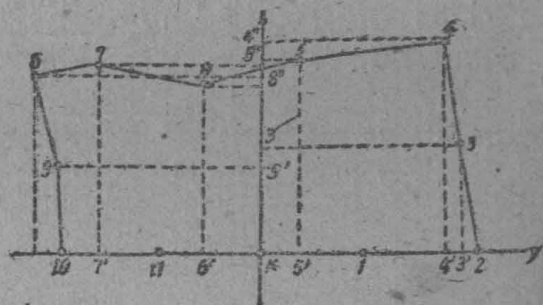


圖 2. 由圖求 K 點……的投影

- (4) 量出結合點 K ，到各點在 Y 軸上的投影距離和各邊長在 X 軸上投影。

表 3

边 号	距 离 (R_s)
$K-1'$	
$K-2'$	
.....	
$K-11'$	

表 4

边 号	距 离 (S_1)
$K-1''$	
$1-2''$	
.....	
$11-K$	

(5) 誤差的計算。

(一) 水平面方向上的誤差預計。

A. 公式:

$$M_{CP} = \pm \sqrt{M_s^2 + M_{\theta}^2 + M_{\theta A}^2 + M_{\theta B}^2 + M_{\text{上}}^2}$$

式中: M_s ——由導綫測角誤差而影响的巷道貫通, 在垂直貫穿軸方向, 工作面結合點的誤差;

M_{θ} ——由于導綫的丈量而影响的巷道, 在垂直于貫通軸方向, 工作面結合點的誤差;

$M_{\theta A}, M_{\theta B}$ ——由于A, B井定向測量差誤而影响的巷道貫通, 在垂直貫穿軸方向, 工作面結合點的誤差;

$M_{\text{上}}$ ——定向所用地表導綫測量誤差而影响的巷道貫

通，在垂直貫穿軸方向，工作面結合點的誤差。

上面的 M_{CP} 是指彼此不間接相通的巷道貫通，所以有定向誤差、地表導線測量誤差。如果井下的導線是用一個定向的方向角所計算的，則沒有定向誤差和地表導線誤差，其公式

$$M_{CP} = \pm \sqrt{M_d^2 + M_s^2}。$$

關於定向測量誤差預計和地表導線測量誤差預計是屬於定向設計和導線測量設計，故在這裡不作預算，只預計井下導線由一個定向系統所計算而來。

B. M_d 的計算：

$$(a) \text{ 公式 } M_d = \pm \sqrt{\frac{1}{\rho^{1/2}} \sum R_z^2 m^2}$$

式中 R_z ——自貫穿巷道結合點到各導線點的距離在貫穿軸 (Y 軸) 上的投影長度 (見表 4)；

m ——測角中誤差；

ρ'' ——弧度 = 206000。

(b) m_d 的計算

$$m_d = \pm \sqrt{m_s^2 + m_i^2}$$

式中： m ——是在測角的過程中，由於對點不夠正確所產生的誤差 (即對點誤差)；

m_i ——在測角的過程中，由於照準讀數不夠正確所產生的誤差 (即照準讀數誤差)。

(c) m_s 的計算

$$m_s = \pm \frac{p''l}{ab} \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \beta}$$

式中： β ——角度； a, b ——是 β 角的两邊長；

l ——歸心偏距，一般不超過 1 毫米，所以預計時可用

1 毫米代替之。

m_s^2 的計算表

表5

点	a	b	a^2	b^2	ab	$\cos \beta$	$\frac{\rho^2 l}{ab}$	$(\frac{\rho^2 l^2}{ab})$	$2aB\cos\beta$	m_s^2	备注
1											
2											
...											

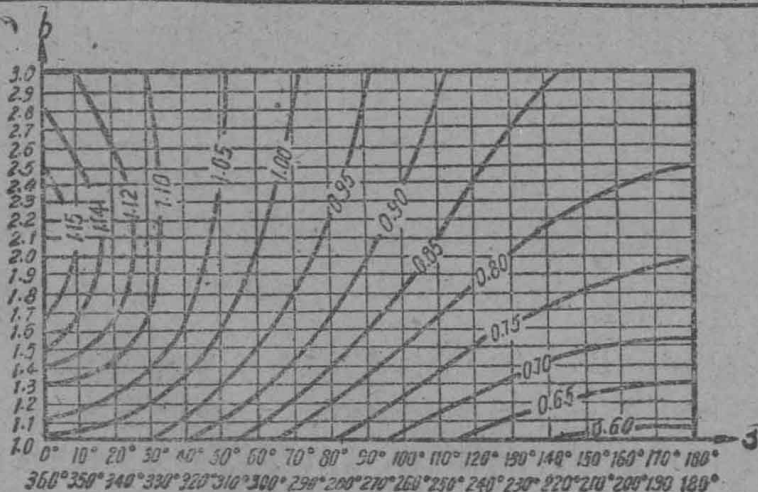
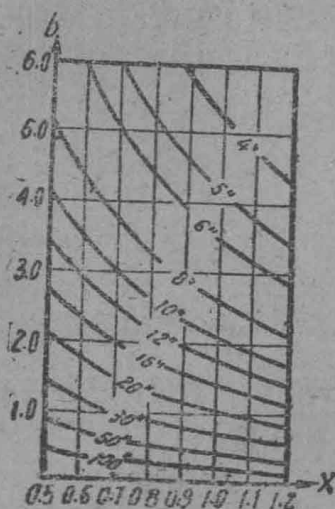
图 3. 求系数 K 的图表图 4. 求 $l=1$ 厘米时, 求角度误差 m_s' 之图表

表 6

名 称	a	b	$\frac{a}{b} = b_1$	β	K	m_{s1}	m_{s2}
$K-1-2$							
$1-2-3$							
$2-3-4$							
.....							

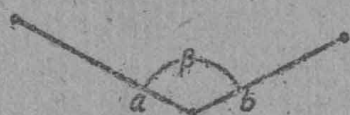


图 5

查表方法說明：

 a 、 b 为 β 角的两边，长边为 a ，短边为 b 。 $\frac{a}{b} = b_1$ ，在垂

直方向的 b_1 ，从 1.0—3.0 之内找出位置。在横綫（即 β 方向），从 0° — 360° 之内按角值找出一位置。将豎横所找的位置在图表内的坐标点处查找曲綫值，此数为 K 。在另一图表的横綫方向（即 K 的方向）查出 K 值的位置，在豎直方向（即 b 方向），找出 b 边长度数值的位置，横綫和豎綫所找出的位置在图表中的坐标点处查找曲綫值，此曲綫值即为 m_s 。

(d) m_i 的計算

$$m_i = \pm \sqrt{\frac{m_v^2}{n} + \frac{m_s^2}{2n}}$$

式中： m_i ——是照准誤差； $m_v = \frac{60}{V}$ ，如果望远镜十字絲的豎絲是双絲时， $m_v = \frac{\omega}{12}$ ，矿山經緯仪 ω 是在 $50''$ — $60''$ 范围之内。（ ω 是豎絲間隔的角值，以秒表示）；

 m_0 ——是讀数誤差；

$$m_0 = \pm \frac{0.3t}{\sqrt{2}};$$

n ——复次测数。

M 的计算表

表 7

点	m_s	m_i	m_s^2	m_i^2	m_s^2	R_z	R_z^2	$R_z^2 m_s^2$	$M\beta^2$
1									$M\beta^2 = \frac{1}{(206000)}$
2									
⋮									
Σ									

C. M_s 的计算:

$$M_s^2 = f^2 z \cdot S_1^2$$

式中: f ——边长丈量的相对误差, 1:300;

S_1 ——边长在X轴上的投影长度。

M 的计算表

表 8

边 号	S_1	S_1^2	f^2	$f^2 S_1^2$
K-1'				
1'-2'				
.....				
.....				
Σ				

D. 计算 M_{CP} 是否在允许范围之内

根据以上的公式计算 M_{CP} 的数据都已得出, 则 M_{CP} 可以算出。算出之后要将 M_{CP} 除以 $\sqrt{2}$, 与允许误差相比较 (因为贯通测量一定要二次测量, 所以要被 $\sqrt{2}$ 除)

$$\frac{M_{CP}}{\sqrt{2}} \text{ 是否小于 } \frac{1}{3} M_{np}。$$

如果 $\frac{M_{CP}}{\sqrt{2}} > \frac{1}{3} M_{nP}$ 或者 $\frac{M_{CP}}{\sqrt{2}}$ 过于小于 $\frac{1}{3} M_{nP}$

时，皆应采取措施，修改测量设计。

(二) 相向工作面结合点在垂直于水平方向总误差的预计。

A. 应用几何水准测量和三角高程测量方法的选择。

(a) 几何水准测量总误差的预计：

$$\text{公式 } M_{CP} = \pm \sqrt{2 \sum_1^n m_0^2 + H_A^2 + H_B^2 + H_L^2}$$

式中： m_0 —— 照准读数误差；

n —— 导线的测站数；

H_A, H_B —— 是 AB 标高传递所产生的误差；

H_L —— 是地表导线高程的测量误差。

上面的公式系指井下水准导线点之标高，不是由一个井传递来的，所以有标高传递误差和地表水准导线误差。

标高传递误差、地表水准导线误差，是属于标高传递的设计和水准导线测量设计，故在此不作计算，现在仅预算贯通水准导线是由一个井而传递来的。

$$\text{公式 } M_{CP} = \pm \sqrt{2 \sum_1^n m_0^2},$$

$$m_0 = \pm \sqrt{m_v^2 + m_L^2},$$

$$m_v = \frac{60}{\rho''_v} l, \quad m_L = \frac{0.11}{\rho''_L} l.$$

式中 l —— 水准仪到水准尺的距离。

当测站布置大致相等时，

$$M_{CP} = m_0 \sqrt{2n}$$

(b) 三角高程測量總誤差的預計。

$$\text{公式 } M_{CP} = \pm \sqrt{\sum_1^n \left[\left(\frac{m}{\rho''} l \cos \delta \right)^2 + (m_e \sin \delta)^2 + m_p^2 + m_K^2 \right] + H_A^2 + H_B^2 + H^2}$$

根據幾何水準誤差預計中 H_A, H_B, H 上不作預計。

$$\text{故 } M_{CP} = \pm \sqrt{\sum_1^n \left[\left(\frac{m\delta}{\rho''} l \cos \delta \right)^2 + (m_e \sin \delta)^2 + m_p^2 + m_K^2 \right]}$$

式中 δ ——傾角； $m\delta$ ——垂直角測量誤差；

l ——量測的距離； m_e ——距離的量測誤差；

m_p, m_K ——量測儀器到測站距離和視線與前視錘綫的交點到前視點距離的誤差（可各取 1 毫米）

如果導綫點布置的大致相等時用下式

$$M_{CP} = \pm \sqrt{n \left[\left(\frac{m\delta}{\rho} l \cos \delta \right)^2 + (m_e \sin \delta)^2 + m_p^2 + m_K^2 \right]}$$

(c) 應用幾何水準測量和三角高程測量的確定

將幾何水準測量總誤差的預計和三角高程測量總誤差的預計的結果相比較，應用小的。

但一般不是這樣，只看貫通巷道的傾斜程度如何，傾斜大的應用三角高程測量，傾斜小的應用幾何水準測量。如果貫通巷道傾斜大的和傾斜小的都有，且很長時，可分別預計，其最後結果等於兩個各自的平方和開根號。

B. 衡量誤差是否在允許的範圍之內，如果往返測量不符

合公式 $\frac{M_{CP}}{\sqrt{2}} \leq \frac{1}{3} M_{np}$ ，則需採取如下措施：

方向角公式

$$\operatorname{tg}(2, 10) = \frac{Y_{10} - Y_2}{X_{10} - X_2}$$

水平距离公式:

$$\overline{2, 10} = \frac{Y_{10} - Y_2}{\sin(2, 10)} = \frac{X_{10} - X_2}{\cos(2, 10)}$$

傾斜距离公式:

$$\overline{2, 10} = \sqrt{(X_{10} - X_2)^2 + (Y_{10} - Y_2)^2 + (Z_{10} - Z_2)^2}$$

傾斜角公式:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\Delta Z}{\overline{2, 10}}, \text{ 式中 } \Delta Z = Z_{10} - Z_2.$$

指向角公式:

$$\alpha = (2, 3) - (2, 10)$$

$$\beta = (10, 9) - (10, 2)$$

曲綫貫通时要素的求解 (如图 6)。已知 AB 点的坐标和巷道曲率半径 R 。



图 6. 用相向工作面掘进圓曲巷道

指向角

$$\alpha = \angle 2 - \angle 1 + \angle 3 = (AM) - (AB) + \frac{3}{8} C$$

$$\angle 2 = (AM) - (AB)$$

$$\angle 1 = 90^\circ - \frac{1}{2}C, \quad \angle C = 2 \sin \frac{AB}{2R}$$

$$\angle 3 = 90^\circ - \frac{1}{8}C$$

$$\text{点间的距离} \quad d = \frac{\sin \frac{1}{4}C}{\sin \angle 3}$$

2. 直巷道，以相向工作面法掘进要素的求解：

从图 7 中可以看出，垂直巷道相向工作面要素的求解，是要求出 B' 点的位置。它的坐标 (XY) 等于井筒中心 B 点的坐标。

(1) 方向角

$$\text{tg}(BL) = \frac{Y_E - Y_B}{X_E - X_B}$$

(2) BB' 的距离 $BB' =$

$$\frac{Y_E - Y_B}{\sin(LB)} = \frac{Y_B - Y_E}{\cos(BB')}$$

$$\beta = (BB') - (B\alpha)$$

图 7. 相对工作面掘进问题的求解

3. 贯通掘进工作的给向

(1) 在水平方向上的给向

如图 8 置仪器于 A 点，后视 B ，转动仪器上盘使其成为计算出的 α 角，并在巷道的顶板上（或横梁上）固定一点 1，倒镜从新操作，假设没有误差时，倒镜测的点应与 1 点重合，否则又出现一点 2。

平分1和2間的距离，找出一点 a_1 ，然后再正倒鏡觀測 $\angle BAa_1$ 。如果此角与計算出的正負差不超过时，則此角的測定結果，即認為滿意。

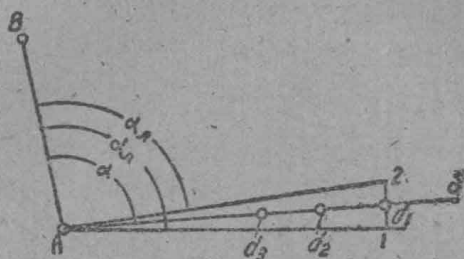


图 8

此后在 a_1A 的連線上再埋設两点 a_2a_3 ，在 $a_1a_2a_3$ 上各掛吊錘，此时則可以按三綫确定掘進的水平方向。

(2) 在垂直面方向上的給向。

关于在垂直面方向上的給向，可借助于經緯儀導綫点来进行。其給向的方法，可采用以下两种方法：

A. 用水准儀进行給向(用于水平或緩傾斜坑道)。

开始时的給向(腰綫)：

(a) 計算出 AB 二点間应

有高差 b_1 ，

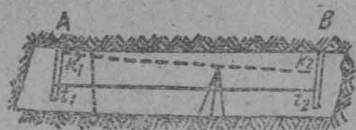


图 9

公式 $b_1 = L_1 M$ 。如果 AB 二点中間有一点或两点不在中心綫上时，需用以下公式：

$$b_1 = ML_1 \cos \alpha$$

式中 L_1 —— A, B 二点間的水平距离；

α ——中心綫方向与 AB 方向之間的夹角；

M ——巷道的設計坡度(分子用1表示)。

(b) 后視 A 点的水准尺，取讀数 K'_1 ，并由 K'_1 讀数沿水准尺截取一段适当的距离，取讀数 t_1 。

(c) 前視B点的水准尺，取讀数 K_2 ，由 K_2 沿尺截取 t_1 —— K_1b_1 的一段距离，取讀数为 t_2 。

(d) 通过 t_1, t_2 連線，再投影到巷道的帮上（在水平面方向的投影），則为所給的起始腰綫。

(e) 算出腰綫沿鉛垂方向与設計底板的距离，并通知施工单位。

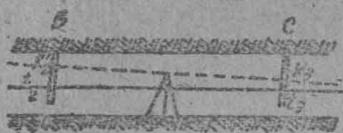


图 10

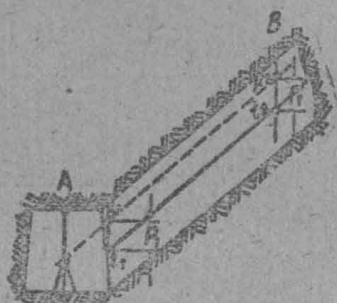


图 11. 开始給高程方面的方向

腰綫的延長：

(a) 根据公式 $b_2 = L_2 M$ 或者 $b_2 = ML \cos \alpha$ ，算出BC間应有的高差。式中 L_2 ——BC的水平距离。

(b) 置經緯仪于两点間进行后視，并取讀数 K'_2 。再前視，取水准尺的讀数为 K_3 。

(c) 由 K_3 沿水准截取一段 $t_2 - K'_2 - b_2$ 的距离处，取一讀数为 t_3 。（其中 t_2 是用以前記錄的 t_2 值）。

(d) 通过 t_2 和 t_3 的連線，并側投影到巷道的帮上，則此投影的綫即为所給的腰綫。

B. 用經緯仪在垂直面方向上的給向：此法适于測点在貫通中心綫的鉛垂面上（不在中心綫鉛垂面上通过計算也行，但这里不准备叙述，因为一般的貫通巷道的測点皆在中心綫上且計算輕重）。

开始时的給腰綫：

(a) 置經緯仪于A点，使仪器垂直度盘的讀数为設計