

鐵道部新建鐵路工程總局第六工程局編



隧道測量

人民鐵道出版社

54

83001

人

隧 道 測 量

铁道部新建铁路工程总局第六工程局編

人 民 铁 道 出 版 社

一九五七年 • 北京

隧道测量与他种测量不同之点，就是它需要很高的精确程度，因为在地質不良地方以及在隧道很長工期較短的地方都不容許等待導洞鑿通后才進行襯砌，如果測量不够精确，則將來襯砌就不能接合起來。本書上半部叙述 隧道測量如何 达到精确程度及如何掌握誤差方法，很为詳細，下半部借重实例列举進行次序及計算方式極为完备，其中并随时插入討論及注意事項，凡屬隧道測量工作人員，不論洞內、洞外或豎井測量，均不可不讀此書。

隧 道 測 量

鐵道部新建鐵路工程總局第六工程局編

人民鐵道出版社出版

(北京市霞公府17號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第010號

新 華 書 店 發 行

瀋陽鐵路管理局印刷廠印

(瀋陽市和平區太原街一段二里二號)

編號 869 開本 $787 \times 1092 \frac{1}{18}$ 印張 20 插頁 3 字數 457千

1957年12月 第1版

1957年 12 月第1版第1次印刷

印數 0001—880 冊 定價 (10) 2.90元

序 言

鐵路新綫建設的迅速發展，給隧道工程提出了縮短工期的要求；長大的隧道不允許等待導峒全部鑿通后再進行襯砌；地質不良地段的隧道于擴挖后也不允許長時期不進行襯砌，否則將會引起地層自然拱的破壞造成坍塌。為了保證隧道在邊開挖邊襯砌的情況下能夠質量良好的貫通，正確和及時的隧道測量是一個決定性的因素。

××鐵路，在×××至×××區間，隧道集中，地形條件特殊複雜，加以我們對隧道測量經驗和理論的匱乏，因此在施工初期曾引起了一系列的問題：隧道中綫測量經常發生時左時右現象；測量人員在隧道進峒后，對隧道在貫通時中綫偏差究竟有多大，也無確切把握。後來經過蘇聯專家的指導，以及我們向測量專業部門的學習和在实际工作中的摸索鑽研，方認識到這是由于我們不考慮測量誤差的測量方法所引起的缺點（如延長直綫用正倒鏡法，測設曲綫用偏角法，豎井用沖綫法等）。在學習了隧道貫通預計誤差設計后，即可根據設計的要求，決定採用何級三角網或何級導綫法，應用那種精度的經緯儀以及測量几遍等，因而使上述問題能夠迅速得到糾正和解決。

本書是在全面分析和研究××××隧道測量所積累的經驗的基礎上編著的，內容包括有關隧道中綫測量的各種实际算例和一般的隧道測量經驗，可供鐵路、公路、水工、礦山等隧道測量人員以及測量專業學校在工作和教學上的參考。但由于我們在測量理論方面的知識較淺，加以編寫時間倉促，錯誤不當之處，在所難免，尚請讀者提出意見，以便及時修正。

本書由我局梁武韜工程師負責編寫，趙偉曾，顧曾永工程師協作，王正悅工程師校對整理，并蒙前燃料工業部褚興濬工程師、工程總局趙連甲工程師、在豎井三角聯系測量方面給予技術指導，同濟大學工程測量專業來我局實習同學十五人協助三角網平差計算，××測量局在鋼鋼尺的檢定上給予協助與指導，特此一并提出謝忱！

鐵道部新建鐵路工程總局第六工程局副局長兼總工程師

劉 漢 東

目 錄

第一章 一般的測量方法	1
第一節 角度觀測	1
(一) 用復測法測水平角	1
(二) 方向觀測法	4
(三) 角度觀測的精度要求	5
第二節 橫基尺应用在隧道峒外導綫測量及其精度的計算	10
(一) 橫基尺量距離及其精度	10
(二) 視距基綫導綫測量	13
第三節 緩和曲綫函數及偏角之計算	15
(一) 緩和曲綫函數的計算	17
(二) 緩和曲綫偏角的計算	18
第二章 隧道中綫的導綫測量	23
第一節 隧道貫通預計誤差計劃	23
(一) 預計誤差計算公式	23
(二) 隧道貫通預計誤差算例	24
(三) 預計誤差公式的證明	28
(四) 綫路定測允許誤差標準能否保證隧道貫通要求的研究	30
第二節 第 $\times\times$ 號隧道峒外導綫復測成果計算——采用小三角網法	31
(一) 峒外導綫的復測方法	31
(二) 隧道貫通預計誤差計劃	33
(三) 三角網基綫及切綫的丈量	34
(四) 三角網簡化平差計算	38
(五) 總偏角 γ 和切綫上各點坐標的計算	40
(六) 曲綫始點 $H.K.$ 及曲綫終點 $K.K.$ 位置之計算	40
(七) 峒內導綫測量	41
第三節 第 $\times\times$ 號隧道峒外導綫測量——采用視距基綫導綫法	42
(一) 導綫布置	42
(二) 隧道貫通預計誤差計劃	43
(三) 長度丈量的精度及成果	46
(四) 峒外導綫各站水平角的加權平均值及座標計算	49

(五) 总偏角 γ 、曲綫函数及曲綫始終点之計算	51
第四節 直綫隧道的峒内外導綫測量——隧道長2366公尺	52
(一) 測量方法的簡述	52
(二) 隧道貫通預計誤差計劃	54
(三) 峒外導綫測量	58
(四) 峒內導綫測量	62
第五節 隧道導峒之引伸測量——弦偏角法	64
(一) 正向進測緩和曲綫及圓曲綫法	64
(二) 反向進測緩和曲綫及圓曲綫法	66
第六節 隧道導峒簡易引伸測量——冲綫法	71
(一) 正向進測法	72
(二) 反向進測法	73
第七節 隧道中綫貫通誤差之調整方案	75
(一) 隧道貫通后之中綫測量工作	75
(二) 調整圓曲綫長度法	76
(三) 調整曲綫始終点法	80
(四) 变更緩和曲綫長度法	81
(五) 調整圓曲綫長度及曲綫始終点法	84
(六) 折綫調整法	85
(七) 变更圓曲綫半徑法	85
第三章 三角網基綫測量及量長工具之室外檢定	88
第一節 基綫測量的方法及要求	88
(一) 基綫測量的要求	88
(二) 基綫測量的方法	91
第二節 鋼鋼尺室外檢定实例	97
(一) 准备作業及应注意的事項	97
(二) 室外檢定鋼鋼尺計算原理簡述——等权觀測	99
(三) 記錄手簿及記錄之整理	103
(四) 基綫長度及測量成果	105
(五) 誤差方程式的組成	106
(六) 法方程式的組成、解算及尺方程式之成立	114
(七) 尺長改正 ΔL 及膨脹系数 α 的精度估算	116
(八) 对于鋼鋼尺檢定中的一点說明与体会	120
第三節 二等三角網基綫測量实例	121
(一) 基綫場的選擇及測量記錄的整理	121

(二) 基綫長度之計算	122
(三) 基綫測量結果之精度計算	126
(四) 对基綫測量的一点体会	132
(五) 24公尺尺長傾斜改正数表	132
第四節 普通帶狀鋼尺室外檢定的实例	146
(一) 普通帶狀鋼尺的檢定方法	146
(二) 普通鋼尺尺方程式的計算实例	147
(三) 普通鋼尺檢定結果的精度計算	149
(四) 檢定过的普通鋼尺之应用办法	150
第四章 隧道豎井三角联系測量	151
第一節 三角联系測量的理論基礎	151
(一) 測量方法的簡單敘述	151
(二) 垂綫投影	152
(三) 測量誤差	154
第二節 人員工具及施測步驟	155
(一) 測量人員	155
(二) 測量仪器及工具	156
(三) 測量前的准备作業	157
(四) 施測步驟	158
第三節 联系三角測量的內業計算	165
(一) 測角量距的計算	165
(二) 联系三角形內角的計算	169
(三) 联系三角形的坐标計算	172
(四) 井下基边象限角的計标及其精度	176
(五) 測量成果及其精度	178
(六) 对豎井測量的一点体会	178
第四節 豎井井深測量	181
(一) 測量井深的方法	181
(二) 施測过程	182
(三) 豎井井深測量的計算	182
第五章 三等三角網对于多数隧道峒外大地控制計算实例	184
第一節 布 網	184
(一) 測量的精度要求	184
(二) 基綫及三角点之選擇	185

(三) 基綫網擴大邊精度估計·····	188
(四) 三角鎖最弱邊之精度估計·····	191
(五) 隧道貫通預計誤差計劃·····	195
第二節 基綫網的平差計算·····	195
(一) 條件方程式及權函數式·····	195
(二) 法方程式及權函數方程式係數之組成·····	201
(三) 法方程式之解算·····	201
(四) 改正數 V 的計算·····	204
(五) 邊方程式之檢核·····	204
(六) 基綫長度化算到隧道平均高程·····	204
(七) 三角形之解算與坐標之計算·····	205
(八) 擴大邊精度之計算·····	205
第三節 主鎖的平差計算·····	208
(一) 條件方程式之組成·····	208
(二) 最弱邊權函數式之組成·····	213
(三) 條件方程式及法方程式係數之列出·····	216
(四) 法方程式之解算·····	228
(五) 改正數 V 之計算·····	232
(六) 基綫方程式之檢核·····	232
(七) 三角形之解算·····	233
(八) 三角點坐標之計算·····	234
(九) 最弱邊的精度計算·····	235
第四節 中心形系的平差計算·····	239
(一) 中心形系的條件方程式·····	239
(二) 條件方程式及法方程式係數之組成·····	242
(三) 法方程式之解算·····	247
(四) 改正數之計算·····	249
(五) 平差後邊及角條件之檢驗·····	251
(六) 三角形之解算·····	252
(七) 三角點坐標之計算·····	253
(八) 中心形系採用克呂格兩組平差法(作比較)·····	255
(九) 中心形簡化平差之計算(作比較)·····	258
(十) 三種方法平差後角度的比較·····	261
第五節 附加網之平差——克呂格兩組平差·····	261
(一) 三角形之概略平差·····	261
(二) 各項條件方程式·····	263

(三) 改化条件方程式系数之計算	269
(四) 法方程式各項系数之組成及法方程式之解算	274
(五) 三角点坐标之計算	276
第六節 隧道峒口插点計算	277
(一) 用一点插入一角法解算隧道峒口插点	277
(二) 一点插入四边形之一角法解算隧道峒口插点	289
(三) 兩次一点插入一角法解算隧道峒口插点	294
(四) 三点插入一角法解算隧道峒口插点	298
第七節 利用改化条件方程式的克呂格兩組平差法	301
(一) 改化条件方程式系数	301
(二) 多点插入一角中	304
(三) 由数个三角形組成的三角鎖(角度平差)	306

第六章 二等三角鎖对于直綫隧道的峒外大地控制 308

第一節 布網与基綫網的平差計算	308
(一) 三角鎖的布網	308
(二) 基綫網的条件方程式及权函数式	311
(三) 基綫網法方程式之解算	312
(四) 基綫網改正数的計算及檢核	313
(五) 擴大边的計算及其精度	315
第二節 三角網主鎖的平差計算	316
(一) 条件方程式及函数式之成立	316
(二) 法方程式系数之計算	318
(三) 法方程式之解算	320
(四) 改正数之計算及檢驗	326
(五) 最弱边之精度計算(⑤至C.T. 9)	330
(六) 三角点坐标計算	331
第三節 隧道峒口插点的平差計算	336
(一) 南峒口插点	337
(二) 豎井井口插点	338
(三) 北峒口插点	342
第四節 峒內導綫及貫通誤差	344
(一) 三角網測量之最后結果	344
(二) 几何中綫之選擇及隧道長度之計算	344
(三) 峒內導綫点坐标計算	345
第五節 应用克呂格兩組平差法的比較	349
(一) 角条件方程式之平差計算	349
(二) 基綫条件方程式系数之改化及平差	350
(三) 兩組平差与一次平差結果的比較	351

第一章 一般的測量方法

第一節 角度觀測

(一) 用复測法測水平角

复測法只能采用复測經緯儀來進行。譬如我們工程上常用的游標可以讀到 $1'$ 、 $30''$ 、 $20''$ 的經緯儀，由于它的游標讀數的精度比照准精度低很多，采用复測法進行多次測角時，只需要采取兩次水平度盤的讀數，其結果可以消除讀數誤差。因此，复測經緯儀采用复測法測角時，要比方向法好得多。

为了避免經緯儀系統誤差的影响，須采用完全复測法來測角，又根据所測量的角度需要达到几秒的精度時，应参考所用經緯儀游標讀數的精度來決定采用完全一次复測法完全二次复測法或完全 n 次复測法。当然要知道采用复測經緯儀想达到很高的精确度是比較困难的，也就是說拿一个讀到 $30''$ 的經緯儀進行測角其測角的誤差不超过 1 秒是比較难办到的。

1. 用完全一次复測法測角的步驟：

(1) 安置經緯儀于測點“2”上（見圖 1—1）。先將游標 A 的零點与度盤的零度大致相重合。为了計算方便起見，可使游標 A 的零點与分度盤上大于零點 $2'$ — $5'$ 的讀數相合。

(2) 旋轉分度盤，瞄准后點“1”，固定分度盤，讀游標 A 与游標 B 取其分秒的平均值，則起始讀數 $\alpha_0 = \frac{A + (B \pm 180^\circ)}{2}$ 。

(3) 放松上盤，按順時針方向旋轉望遠鏡，瞄准前點“3”，固定上下盤，讀 A 、 B 游標取其平均值，則校驗讀數 $\alpha_1 = \frac{A + (B \pm 180^\circ)}{2}$ ，如此，就完成了前半個复測。

其校驗角值 $\beta_1 = \alpha_1 - \alpha_0$ 。

(4) 將望遠鏡經過天頂倒置。

(5) 放松分度盤，用第二鏡位瞄准后點“1”，因為讀數未變動，無須再讀。

(6) 放松上盤，为了消除度盤的帶動誤差，按照反時針方向旋轉望遠鏡，照

准前点“3”，取二游标读数，其平均值即为最终读数 $\alpha_2 = \frac{A + (B \pm 180^\circ)}{2}$ 。

则测角的最后值，等于最终读数减去起始读数除以二倍复测次数，即

$\beta = \frac{\alpha - \alpha_0}{2 \times 1}$ 。最后所得角值 β 应与校验角值 β_1 相比较；如果彼此相差值，等于或小于游标精度的一倍半，则测角的结果认为是满意的；否则就要重新测量，或改用完全二次复测法进行重测。

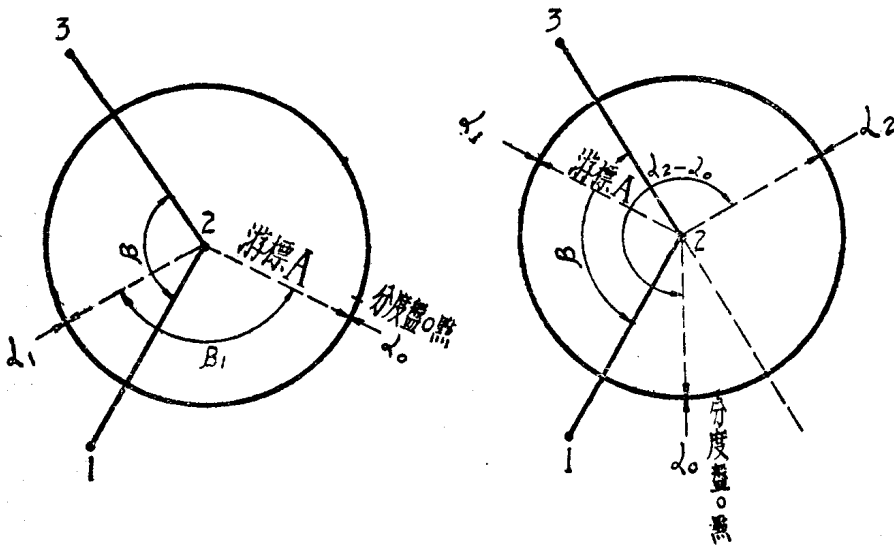


圖 1-1

第一镜位 (正镜)

第二镜位 (倒镜)

2. 用完全 n 次复测法测量水平角度的步骤:

(1) 安置经纬仪于测点“2”上，使游标 A 的零点与度盘的零度大致相重合，并使游标 A 的零点与分度盘上大于零点 $2' - 5'$ 的读数处相合。

(2) 旋转分度盘，瞄准后点“1”，固定分度盘，读游标 A 、 B 取其平均值，则起始读数 $\alpha_0 = \frac{A + (B \pm 180^\circ)}{2}$ 。

(3) 放松上盘，按顺时针方向旋转望远镜，瞄准前点“3”，固定上下盘，读 A 、 B 游标取其平均值，则校验读数 $\alpha_1 = \frac{A + (B \pm 180^\circ)}{2}$ 。

(4) 放松分度盘，瞄准后点“1”，无须读游标，放松上盘，仍按顺时针方向旋转望远镜，瞄准前点“3”，固定上下盘，无须读游标，此时第一镜位 (正镜) 在度盘上的角度已累加两次。

(5) 按照第 (4) 项步骤瞄准后点“1”，放松上盘，仍按顺时针方向旋转望远镜，瞄准前点“3”，固定上下盘，无须读游标，此时第一镜位 (正镜) 在度盘

上的角度已累加三次。同上的方法作至 n 次为止。此时前半個复測業已完成，以下半個測回由第二鏡位（即倒鏡）來完成。

(6) 將望遠鏡經過天頂倒置，即第二鏡位。

(7) 放松分度盤，以第二鏡位照准后点“1”，無須讀游标。

(8) 放松上盤，按反时針方向旋轉望遠鏡，瞄准前点“3”，不讀游标度数。

(9) 放松分度盤，瞄准后点“1”。

(10) 放松上盤，仍以反时針方向旋轉望遠鏡，瞄准前点“3”，此时第二鏡位（即倒鏡）已將角度累加兩次，俟累加至 n 次为止。最后讀取二游标，其平均值

$$\text{即最終讀数 } \alpha_2 = \frac{A + (B + 180^\circ)}{2}。$$

n 次复測的測量角值可按下式求出：

$$\beta = \frac{K \times 360 + \alpha_1 - \alpha_2}{2n}, \quad (1-1)$$

式中 n = 完全复測数；

K = 游标 A 之零点經過度盤零点的次数。

K 之值可用下式估算后取其整数，即

$$K = \frac{2n\beta + \alpha_1 - \alpha_2}{360} \div \frac{2n\beta_1 + \alpha_1 - \alpha_2}{360}。 \quad (1-2)$$

3. 复測法的記錄格式：

觀測者：

儀器：

天气

記錄者：

檢查者：

日期

表 1—1

測回 次數	重 復 次 數	置 鏡 點	觀 測 點	正鏡位（盤左）						倒鏡位（盤右）						校 驗 角 值 ° ' "	平 均 角 值 ° ' "
				游 標 $\frac{A}{B}$			平 均			游 標 $\frac{A}{B}$			平 均				
				°	'	"	'	"	°	'	"	'	"	°	'		
1	3	2	1	0	$\frac{02}{02}$	$\frac{20}{40}$	02	30									
			3	82	$\frac{16}{16}$	$\frac{20}{20}$	16	20	133	$\frac{24}{25}$	$\frac{40}{00}$	24	50	82 13 50	82 13 43		
2	3	2	1	0	$\frac{04}{04}$	$\frac{00}{00}$	04	00									
			3	82	$\frac{17}{17}$	$\frac{40}{40}$	17	40	133	$\frac{27}{27}$	$\frac{00}{20}$	27	10	82 13 40	82 13 52		
3	3	2	1	0	$\frac{03}{04}$	$\frac{40}{00}$	03	50									
			3	82	$\frac{17}{17}$	$\frac{40}{40}$	17	40	133	$\frac{26}{26}$	$\frac{20}{40}$	26	30	82 13 50	82 13 47		

(二) 方向觀測法

1. 全圓測回法，也叫方向觀測法，適用於讀數誤差較小的經緯儀，如二號威爾特的測微鼓可以讀到1秒，估讀到0.1秒。用這種方法測量的不是角度而是方向，再由兩方向的差值算出其角度。

全圓測回法應用在角度較多的測站上。由於瞄準次數少，測量的進度比較快，它適於三角網的測站和導綫的角度。

今欲測量 $\angle AOB$, $\angle BOC$, $\angle COD$ 三個角度 (如圖 1—2), 可將 A 點作為起始方向，先測量出 BO , CO , DO 的方向，然後算出其夾角，其測量步驟如下：

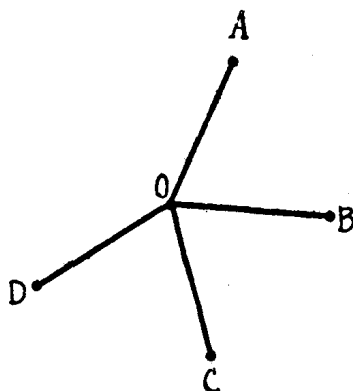


圖 1—2

(1) 安置經緯儀於 O 點，使豎盤在左 (即正鏡)，瞄準 A 點，旋轉分度盤，使其稍大於 0 度，然後旋轉測微鼓，使度盤的上下刻綫連續兩次的重合，並讀取測微鼓兩次的分秒數 (兩次最好以不同的方向旋轉，其兩次讀數的差即測微鼓的隙動差)。

(2) 順時針方向旋轉望遠鏡瞄準 B 點，測微鼓取兩次讀數。

(3) 依次按順時針方向旋轉望遠鏡，觀測 C 、 D 兩點，而至 A 點，均取兩次讀數，此時完成前半個測回。

(4) 經過天頂倒轉望遠鏡，重新瞄準 A 點，取兩次讀數，此時豎盤在右 (即倒鏡位，此時不要旋動分度盤螺旋)。

(5) 按反時針方向旋轉望遠鏡，依次觀測 D 、 C 、 B 、 A 各點，完成後半個測回，連前共計完成一個測回。以上叫做全圓測回。

2. 在三角網測站上觀測方向，如果只有三個或少於三個方向時，可以不必閉合至起始方向，其方法如下：

(1) 豎盤在左瞄準 A 點 (見圖 1—3)，旋轉度盤稍大於 0 度，旋轉測微鼓，使度盤恰為 0 度，取兩次讀數。

(2) 按順時針方向旋轉望遠鏡，瞄準 B 點，取兩次讀數，此時完成前半個測回。

(3) 經過天頂倒轉望遠鏡，重新瞄準 B 點，取兩次讀數，此時豎盤在右 (即倒鏡)。

(4) 按反時針方向，旋轉望遠鏡，瞄準 A 點，取兩次讀數，完成後半個測回，連前共計完成一個測回。

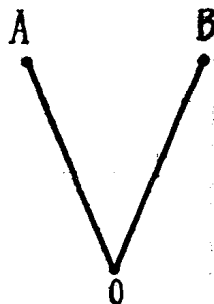


圖 1—3

为了提高测角的精确度，往往进行几个测回，又为了消除度盘刻度不匀的系统误差，每个测回的起始方向在水平度盘上相错一个角度。

$$\theta = \frac{180^\circ}{n}, \quad (1-3)$$

式中 n = 测回数。

如果采用六个测回进行测量时，则每个测回的起始方向在度盘上的位置依次为 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$ ，这样可以使观测方向分布在度盘上的不同部分，所测方向的平均值，可以抵消一部分由于度盘不匀的误差。

3. 全圆测回法填表说明：

(1) 水平角一栏在前半个测回由正镜（如表 1—2）所测的读数，由上向下每隔一行填写一数；后半个测回由反镜所测的读数，由下向上每隔一行填写一数。

(2) 测微鼓两次的读数，分别填入水平角 I、II 两栏内，如应用威尔特 T_2 经纬仪应读至 0.1 秒，其平均值应将两次读数相加用 2 除之，填入平均栏内。如应用威尔特 T_3 经纬仪，由于测微鼓之测微盘一周实际相当于 120 秒，而刻划成为 60 秒，在施测时 I、II 两栏直接取测微鼓读数，记录至 0.01 秒，读取两次，将 I、II 两栏之秒数相加，即得平均值，勿须以 2 除之。

(3) 两倍照准差 $2C$ ，系正镜与倒镜之误差，如 $2C = \text{正镜值} - (\text{倒镜值} \pm 180^\circ)$ ，应冠以正号，如 $2C = \text{倒镜值} - (\text{正镜值} \pm 180^\circ)$ ，应冠以负号。

(4) 正倒镜平均值一栏内起始瞄准点之方向得出两个数值，将二数的平均值填入起点方向栏内。

(5) 水平方向的计算，起始瞄准点应改化为 $0^\circ 00' 00''$ ，依次第 2、3、4、……各瞄准点的正倒镜平均值减去起点方向，即得各点的水平方向。

(6) 度盘位置：下表采用四个全圆测回，每测回相错 $\frac{180^\circ}{4} = 45^\circ$ ，第一测回的度盘位置应稍大于 0 度，第 2、3、4 测回应依次为 $45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ 。

(三) 角度观测的精度要求

1. 导线及三角点角度观测所需的测回数及复测次数。

(1) 导线测量所需测回数及复测次数，与经纬仪种类及观测者的熟练程度有直接关系。今举例以作参考（见表 1—3）：

(2) 在各等三角点进行方向观测时所需的测回数与经纬仪的类型、观测者的熟练程度、观测时经纬仪的仰俯角之大小，均有密切的关系。

在隧道施工地区，多半山脈陡峻，经纬仪的仰俯角有时超过 30° ，以致测回不能合格。我们特提供一些意见，以资参考（见表 1—4）。

2. 观测结果的限差。

(1) 起始方向在半个测回中，起始与结束观测值之差，如超过表 1—5 所列限差时，须重测一个测回。

陸道三角網測量記錄

觀測者:

檢查者:

日期: 55年9月17日 17:30→19.00

記錄者:

儀器: WILD T. №26640

天氣: 晴

表 1-2

測站	觀測點	水 平 角			2 C	正倒鏡平均值	起點方向	水平方向	附 注
		I	II	平 均					
不 2 第一測回	正 3	0°00'10".10	10".30	20".40	+3".5	0°00'18".66	0°00'19".91	0°00'00".00	
	倒	180°00'08".49	08".42	16".91					
	正 C.T.15	60°58'07".81	09".30	17".11	+3".4	60°58'15".42		60°57'55".51	
	倒	240°58'06".69	07".04	13".73					
	正 1	109°32'50".59	50".40	33'40".99	-2".9	109°33'42".43		109°33'22".52	
	倒	289°32'51".58	52".28	33'43".86					
不 2 第二測回	正 By.57	155°52'49".40	49".14	53'38".54	-0".7	155°53'38".88		155°53'18".97	
	倒	335°52'49".33	49".89	53'59".22					
	正 3	0°00'09".43	09".59	19".02	-4".3	0°00'21".16			
	倒	180°00'11".29	12".00	23".29					
	正 3	45°12'22".31	22".43	44".74	-4".2	45°12'46".82	45°12'47".36	0°00'00".00	
	倒	225°12'24".41	24".49	48".90					
不 2 第二測回	正 C.T.15	106°10'20".04	20".69	40".73	-4".9	106°10'43".18		60°57'55".82	
	倒	286°10'22".90	22".72	45".62					
	正 1	154°46'00".72	00".58	01".30	-8".1	154°46'05".36		109°33'18".00	
	倒	334°46'04".36	05".06	09".42					
	正 By.57	201°06'02".80	03".07	05".87	-5".4	201°06'08".61		155°53'21".24	
	倒	21°06'05".61	05".73	11".34					
不 2 第二測回	正 3	45°12'23".70	23".91	47".61	-0".6	45°12'47".90			
	倒	225°12'23".99	24".19	48".18					

續表 1-2

測站	觀測點	水 平 角			2 C	正倒鏡平均值	起 點 方 向	水 平 方 向	附 注
		I	II	平 均					
不 2 第三測回	正 3	90°16'14".89	15".24	16'30".13	+0".8	90°16'29".74	90°16'29".03	0°00'00".00	
	倒	270°16'14".70	14".64	16'29".34					
	正 C.T. 15	151°14'10".80	10".84	14'21".64	-4".9	151°14'24".07		60°57'55".04	
	倒	331°14'13".18	13".31	14'26".49					
	正 1	199°48'54".18	54".22	49'48".40	-5".8	199°49'50".31		109°33'21".28	
	倒	19°48'55".54	56".67	49'52".21					
	正 By. 57	246°08'53".81	53".96	09'47".77	-5".8	246°09'50".66		155°53'21".63	
	倒	66°08'56".66	56".89	09'53".55					
不 2 第四測回	正 3	90°16'13".14	13".46	16'26".60	-3".4	90°16'28".32			
	倒	270°16'14".96	15".07	16'30".03					
	正 3	135°22'51".15	51".44	23'42".59	+2".8	135°23'41".20	135°23'40".48	0°00'00".00	
	倒	315°22'49".78	50".02	23'39".80					
	正 C.T. 15	196°20'18".11	48".15	21'36".26	-1".5	196°21'37".03		60°57'53".55	
	倒	16°20'48".53	49".24	21'37".77					
	正 1	244°56'32".45	32".43	57'04".88	-0".2	244°57'05".00		109°33'24".52	
	倒	64°56'32".22	32".90	57'05".12					
第四測回	正 By. 57	291°16'29".79	30".39	17'00".18	-5".0	291°17'02".68		155°53'22".20	
	倒	111°16'32".39	32".80	17'05".19					
	正 3	135°22'49".60	49".85	23'39".45	-0".5	135°23'39".75			
	倒	315°22'50".04	50".00	23'40".04					

表 1—3

導 綫 等 級	高 精 度		I 級		II 級		III 級	
由多边形閉合差所求出的測角中誤差	$\pm 3''$		$\pm 5''$		$\pm 8''$		$\pm 10''$	
各導綫点的測角允許誤差	$\pm 5''$		$\pm 8''$		$\pm 12''$		$\pm 16''$	
測回与复測次數 采 用 儀 器	測 回 數	重 复 次 數	測 回 數	重 复 次 數	測 回 數	重 复 次 數	測 回 數	重 复 次 數
威爾特 T ₁ 光学經緯儀	4		2		1		1	
5秒 經緯儀	4		2		1		1	
10秒 經緯儀	6		3		1		1	
20秒 經緯儀			6	4	2	2	1	
30秒 經緯儀					3	3		2

三角網方向觀測所需測回数表

表 1—4

三 角 測 量 等 級	方 向 觀 測 之 測 回 數		
	威 爾 特 T ₁	(1) 威 爾 特 T ₂	(2) 蔡 司 二 号
二等三角網之基綫網	12		16—18
二等三角網	6—8		8—10
二等三角網之洞口插点	6—8		8—10
三等三角網之基綫網	8		12
三等三角網	4		6
三等三角網之洞口插点	4		6

方 向 觀 測 結 果 限 差 表

表 1—5

經 緯 儀 類 型	大型光学經緯儀 (威爾特 T ₁) II 等網	小型光学經緯儀 (威爾特 T ₂ 蔡司型) III 等網	10'' 經緯儀
1. 起始方向在半个測回中起始与結束觀測值之差	05''	08''	12''
2. 兩倍照准差之变动範圍 2 C	08''	10''	15''
3. 各測回中某一方向最大最小之差	05''	10''	15''