

測 量 實 習

楊 顯 祥 編 譯

中國土木水利工程學會編行

起 緣 印 譯

中國土木工程學會會務，向有出版委員會之設置，顧名思義，以出版有關土木工程之書刊，以供學會會員及從事土木事業人們參考閱讀之需，多年來先後出版不少書刊，供應無缺，頗得好評。本年度委員會建議出版若干有關土木方面之實驗與實習用書以供土木系科學生之用。蓋以土木工程本身，不能靠理論所能解決，必待實驗或實習，先取得其結果才能着手設計施工，不然不但浪費而且危險。環顧吾國目前工程教育無不兢兢於理論的追求，極少從事於實驗與實習，使手腦並用成爲一句口號而已。茲經委員會提出計劃，着手編譯此種土木實驗與實習書以資倡導，適本屆理事長羅雲平先生兼長教育部，認爲需要，順利通過預算，立即選擇原書着手進行，不數月已譯成三冊。茲以測量實習一書在坊間奇缺，特先趕印，以濟眉急。本書由楊顯祥碩士擔任初稿之編寫，再經華從事校核以求信達。尙希同道多多指教與贊助。

中國土木工程學會出版委員會主任委員趙國華謹識

目 錄

譯印緣起	1
第一章 有關測量一般注意事項	1
第一節 測量作業	1
第二節 儀器之處理	2
第二章 距離測量	5
第一節 用鋼卷尺之距離測量	5
第二節 精密的距離測量	7
第三節 結果之處理	11
第三章 角測量	17
第一節 經緯儀之設置	17
第二節 經緯儀之構造及照準	19
第三節 經緯儀之調準	25
第四節 水平角之測量	29
第五節 垂直角之測量	35
第四章 導線測量	38
第一節 導線測量之外業	38
第二節 導線測量之內業	42
第五章 平板測量	58
第一節 平板儀之設置	58
第二節 基點之增設	61
第三節 細部測量	64
第六章 水平測量	67
第一節 水平儀之調準	67

第二節	直接水平測量	70
第三節	對向水平測量	73
第四節	縱斷測量	74
第五節	橫斷測量	80
第七章	面積、體積	83
第一節	由圖形直接求面積之法	83
第二節	用面積儀的求法	85
第三節	用計算求面積之法	89
第四節	用分割面積計算之法	91
第五節	用兩端斷面平均法求體積之計算	99
第六節	點高法	101
第七節	利用等高線法	103
第八章	三角測量	105
第一節	三角測量之外業	105
第二節	三角測量之內業	111
第九章	地形測量	124
第一節	地形測量	124
第二節	用直接法定等高線法	125
第三節	用視距測量定等高線法	127
第十章	路線測量	134
第一節	平面計劃	134
第二節	縱斷計劃	137
第三節	橫斷計劃	142
第四節	偏角側設法(單曲線)	144
第十一章	航空攝影測量	148
第一節	立體觀測	148
第二節	依視差之高度測量	150

第三節	圖解射線法	153
第十二章	工程測量	158
第一節	根據樁	158
第二節	填土用標板	160
第三節	挖土用標板	162
附錄一		165
距離測量記錄簿格式		165
距離測量記錄簿格式(基線用)		166
角測量記錄簿格式(單測角、複測角法)		167
方向角法測角記錄簿格式		168
水平測量記錄簿格式(儀器高式)		169
水平測量記錄簿格式(升降式)		170
視距測重記錄簿格式		171
附圖 1	第九章 地形測量圖	附 1
2	第十章 路線測量圖	附 2
3	第十章 路線測量圖	附 3
4	第十章 路線測量圖	附 4
附表 1	基線之改正	附 5
2	閉合導線計算表	附 6
3	面積計算表	附 7
4	面積分割表(四邊形)	附 8
5	土方計算表	附 9
6	四邊形之調整	附 9
7	聚角三角網之調整	附 10
8	三角鏈之調整	附 11
9	邊長計算	附 12

測量實習

第一章 有關測量一般注意事項

第一節 測量作業

1.1 計劃

- (1) 應充分把握測量之目的，並考慮合乎目的之精度。
- (2) 考慮與所需精度相稱之測量儀器和測量方法。
- (3) 最初之測量計劃，對以後之作業進行與經費有很大影響，故應慎重籌劃。

1.2 外業

- (1) 宜着適合於測量作業之服裝。
- (2) 在開始測量之前，先行檢點需用之儀器用具，甚至測量現場所用之附屬品亦應充分注意，準備齊全。
- (3) 踏勘時若有現成地圖，則充分利用該地圖進行踏勘，以瞭解測量區域及其周圍之地形。如此不但可選定適合測量目的之基點，並可獲得縮短測量作業與精度良好之結果，而且還能訂定適切的作業計劃。
- (4) 訂定作業計劃時，應避免因受時間限制而在不安定的情緒下進行作業之情事發生。
- (5) 改正記錄簿之記錄，不可以橡皮擦去，應以橫線劃去後加以改正，以便明瞭原記錄。
- (6) 應依測量內容與地形等而適當變更組別之人員編制，以期作業順利地進行。

1.3 內業

- (1) 由記錄簿抄寫計算用的資料時，應予注意，以免誤記。
- (2) 計算應整理在計算用紙上，俾便以後易於核對。
- (3) 內業結果發生誤差時，不必即刻再測，先要核對計算。即詳細核對由記錄簿之誤記、計算錯誤、查表錯誤、符號錯誤等，以及前述之計算用紙與計算表。

2 測量實習

(4) 可能的話，最好換人重作計算之核對工作。

(5) 在核對計算時，如發生限制精度以上的誤差時，應追究誤差之原因，並依此決定再測之外業計劃。

1.4 製圖

(1) 測量圖通常是在圖上利用比例尺測定長度表示距離，故在圖面上應盡量正確地繪出地形與地上物。

(2) 繪圖應使用伸縮性較少的圖紙。

(3) 將測量結果繪圖時，應注意到按比例尺（大比例尺、中比例尺、小比例尺）之不同，其表現地形、地上物之記號亦有差異。

1.5 習題

將你家附近的地圖複寫在描圖紙上。

第二節 儀器之處理

2.1 安置

(1) 從收藏箱取出儀器時之注意事項。（圖 1. 2. 1）

- 1) 檢點附屬品及其他備品類，並記清其安放位置。
- 2) 必須用雙手取出。
- 3) 勿使儀器受震。

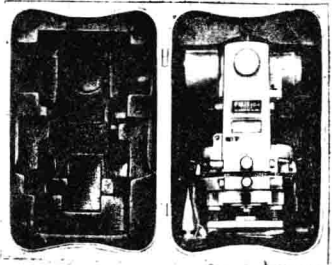
(2) 將儀器安置於三腳架時之注意事項。（圖 1. 2. 2）

- 1) 扶持支柱的手要等到儀器完全固定後始可放開（防止掉落事故）。
- 2) 將三腳架面之灰塵，泥土等拂拭乾淨後始可安置。

(3) 搬運、移動儀器時之注意事項。（圖 1. 2. 3）

- 1) 將儀器之頭部向前，用雙手抱着搬運。
- 2) 各種固定螺旋，不可旋轉過緊，其程度當儀器受到衝擊時，各部仍容易移動的程度。

3) 儀器裝置在三腳架上而移動時，把腳輕輕放在地面，以免儀器本身遭受衝擊。



把箱橫放後解開掛鉤，打開箱蓋，握持經緯儀的望遠鏡支柱，輕輕取出。

圖 1.2.1



輕放在三脚架面，把儀器固定螺旋旋入儀器底部的母螺旋而固定之。

4) 附有防止衝擊的止動螺旋 (clamp) 的儀器 (傾讀式水準儀 tilting level) ，必須先旋轉夾緊螺旋後方可移動。

5) 搬運距離較遠時，應裝入收藏箱內搬運之。

6) 用汽車搬運時，要將收藏箱抱在膝上。

圖 1.2.2

好 例



壞 例



圖 1.2.3

2.2 收藏

(1) 收藏時的注意事項。

1) 用潔淨的乾布將儀器拂拭乾淨。

4 測量實習

- 2) 把鏡蓋蓋於接物鏡。
 - 3) 輕輕旋轉固定螺旋。
 - 4) 將調準螺旋轉回原位置。
 - 5) 鏡頭表面如有灰塵，用軟布或羽毛小心拂拭。
 - 6) 檢點附屬品（蓋罩(hood)、磁針、求心器、接目鏡(eyepiece)、調整器具等）是否齊全。
 - 7) 查看收藏箱的掛鉤是否掛好（防止掉落事故）。
- (2) 保存時的注意事項。
- 1) 轉動部份不靈活時，用酒精和乙醚的混合液拂拭乾淨。塗上適量的滑潤油（上等的鐘錶油亦可）。
 - 2) 鏡頭附着油垢時，應以軟布沾酒精輕輕拂拭，勿損傷鏡頭。
 - 3) 收藏箱內宜放乾燥劑以免受潮。
 - 4) 收藏箱的保管處所，應選擇無濕氣，溫度變化較少的地方。
 - 5) 儀器受潮時，應將儀器予以陰晒。
 - 6) 鏡頭發生水滴、灰塵等情，即送請製造廠處理。若不加處理則會生霉，而需要再研磨等處理。
 - 7) 易於生鏽的儀器（如鋼卷尺等）應用油細心揩拭。
 - 8) 經長期保管後，在使用前一定要檢點並加調整。

第二章 距離測量

第一節 用鋼卷尺之距離測量

1.1 目的

用鋼卷尺作為需要 $1/10,000$ 精度的平坦地之距離測量。

1.2 使用儀器

- ① 鋼卷尺。
- ② 布卷尺。
- ③ 標桿。
- ④ 測標板(或木樁)。
- ⑤ 鐵鎚。
- ⑥ 張力計(spring balance 彈簧秤)。
- ⑦ 握定把手(grip handle)。
- ⑧ 溫度計。

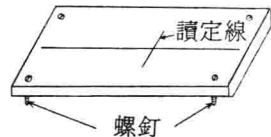


圖 2.1.1 測標板

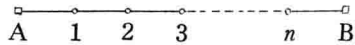


圖 2.1.2

1.3 實習

[a] 直線之觀測

(1) 人員，為測點 A、B 和在觀測點插標桿者 3 人，持布卷尺首端 (0 m) 者 (後尺手) 和持終端者 (前尺手) 2 人，以及將測標板 (或木樁) 打入觀測點者 1 人，共計 6 人。

(2) 於圖 2.1.2，在測點 A、B 上將標桿相向豎立。

(3) 後尺手將卷尺之首端 (0 m) 合於 A，前尺手將尺拉向 B 的方向。

(4) 在使用卷尺之 1 個量距長稍短之位置豎立標桿，此時豎立標桿人不可遮阻視線，應使身體與測線 AB 平行。

(5) 在測點 A 人，把標桿插於身體中央，用兩眼對準測點 B，使立於 1 的標桿依手勢進入觀測線內。

(6) 在決定觀測線內之 1 的位置上固定測標板。

(7) 反覆同樣的作業，定出點 2, 3, …… n，而固定測標板 (最終點 n 與

測點B之距離為卷尺1個量距長以下)。

(b) 距離之測量

(1) 人員，為卷尺之前尺手，後尺手各1人，始讀、終讀者各1人，讀溫度計者1人，記錄者1人，共6人。

(2) 將卷尺前端(0 m)之把手接於標桿，他端的把手接於張力計，再將它接於標桿。

(3) 後尺手、前尺手將卷尺放在測點A及測標板1上，用規定的張力拉緊，使在讀定線時能讀出卷尺的刻度，溫度計讀取人立於卷尺中央附近，而始讀、終讀人各就A及1的位置，準備工作即告就緒。

(4) 接到始讀位置人的「準備好」手勢，終讀位置人即送讀取準備完成的「預備」手勢。

(5) 始讀人在卷尺的微動停止時，即作一「好」的手勢，由此手勢同時讀取始讀、終讀及溫度。

(6) 記錄者依終讀、始讀、溫度之順序接到報告，一邊在唱一邊在記錄，結束A—1的測量。記錄如表2.3.1所示。

(7) 1—2, 2—3, 3……n用相同的作業依次測定之。

(8) 最終區間n—B為1個量距長以下的短距離，因不能利用卷尺終端的把手，故用握定把手(grip handle)夾住卷尺以拉直之。

1.4 注意事項

(1) 應使測標板的讀定線與觀測線成直角。

(2) 檢查卷尺是否拉成直線。

(3) 刻度的讀法，應從正上面讀取。

(4) 檢點卷尺數有無錯誤。

(5) 卷尺兩端若有高度差，應用水平儀測量後作傾斜改正。

(6) 距離測量宜反覆作數次，且往復測定之。應使讀取與記錄均無錯誤。

(7) 如使用經緯儀觀測，則更能正確。

1.5 相關知識

(1) 將卷尺與標準長比較，求出指標差。

(2) 所需精度如為1/5,000, 1/3,000時，可使用簡略儀器及作業。例如：使用洋釘來代替測標板，且不必使用張力計和溫度計。

(3) 所需精度為1/1,000以下時，可使用布卷尺或玻璃纖維卷尺等。把始讀合於0 m端，在觀測線上將卷尺拉直，取1個量距長等於卷尺的長度(例如

使用 30m 卷尺時 1 個量距長為 30 m)。

(4) 傾斜地的距離測量，可用下列的方法。

1) 沿斜坡測量斜距離，然後改正為水平距離。

2) 依階梯狀測量水平距離（有上坡測量與下坡測量）。

1) 的方法是用與平坦地相同的方法測量之。要比 2) 的方法可得較高精度。

(5) 關於記錄簿的記載及必要的改正，將於第三節“結果之整理”內敘述之。

1.6 習題

(1) 用各種距離測量儀器（布卷尺、玻璃纖維卷尺、鋼卷尺）測量同一測線長而比較之。

(2) 測量 100m 的距離，由於在中央觀測偏差 10 cm 所引起的誤差為若干？

第二節 精密的距離測量

2.1 目的

三角測量之基線等，需要高精密度的距離測量。

2.2 使用儀器

- | | |
|-----------------|------------------|
| ① 量基線用鋼卷尺。 | ⑧ 馬口鐵板（圖 2.2.2）。 |
| ② 經緯儀。 | ⑨ 張力計。 |
| ③ 水平儀。 | ⑩ 握定把手。 |
| ④ 標桿。 | ⑪ 溫度計。 |
| ⑤ 標尺。 | ⑫ 洋釘（大、小）。 |
| ⑥ 布卷尺（或玻璃纖維卷尺）。 | ⑬ 大木鎚。 |
| ⑦ 木樁（中間樁、支持樁）。 | ⑭ 鐵鎚。 |

2.3 實習

(1) 將鋼卷尺拉出，曝露在外面（為避免測量時因外面氣溫變化而起的急驟伸縮）。

(2) 照圖 2.2.1，在端樁 A 設置經緯儀，瞄準端樁 B，在觀測線中較一個量距尺稍短的距離，決定中間樁 M_1, M_2, \dots, M_n 的位置。

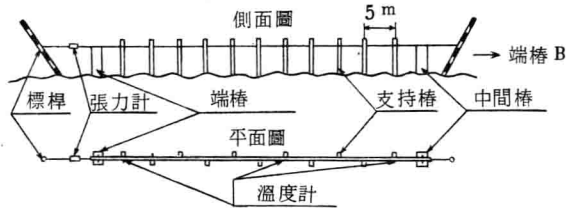


圖 2.2.1

(3) 中間樁打入後，在測量水平距離時，用水平儀使其頂面與他端的樁頂同高，若僅能測量斜距離時，則在打入後求出與他端樁的高度差。

(4) 設立支持樁時，其樁頂應較端樁或中間樁頂面之連結線稍高（參照圖 2.2.1 側面圖）。

(5) 在兩端樁與中間樁之頂面釘上如圖 2.2.2 之馬口鐵皮。

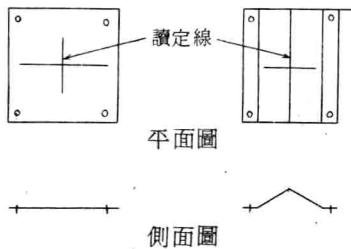


圖 2.2.2

(6) 把大洋釘釘在支持樁掛卷尺的面上（測量水平距離時洋釘與兩端之木樁同高，測量斜距離時用水平儀使洋釘與斜面作一樣的傾斜）。

(7) 將張力計及標桿與本章第二節 1.3 之實習相同，連接於卷尺上。

(8) 把卷尺拉在兩端樁、中間樁之頂面及支持樁的釘子上，使能在兩端讀取刻度，將溫度計配置如圖 2.2.1，準備工作完畢。

(9) 讀取時，依「準備好」、「預備」及「好」的手勢，與第一節之實習相同。但張力要與作比較檢定時所用的相同，而刻度要正確地讀到 0.1 mm。

表 2.3.1

距離測量記錄簿										
自 測點A 至 測點B										
61年10月25日 晴										
50 m鋼卷尺 No. 123 張力 10 kg										
測定者 後尺手 張山 前尺手 李水										
指標差 $50^m + 4.96^{mm}$ 溫度 $15^{\circ}C$										
時間	中間點	R之讀取值(m)		(b-a)	平均	改正值 (m)				
		後手 a	前手 b	(m)		(m)	溫度	改正值	高度差	改正直
10.30	測點A	0.000	49.900	49.900	65	25°C	0.006	+0.42	0.002	
		3	69	66						
		9	74	69						
	1		13	78	69	52	0.006	+0.36	0.001	
			5	57	52					
			13	66	53					
	2		21	73	52	69	0.006	-0.52	0.003	
			5	76	69					
			11	81	70					
	3		28	96	68	68	0.006	-0.56	0.004	
			3	72	69					
			12	80	68					
	4		24	92	68	34.519	26°C	0.004	-0.68	0.003
			8	34.525	34.517					
			15	34.534	519					
10.52	測點B	21	34.542	521						
備 考			34.773		+0.028		-0.013			
			49.90×4		199.600		$4.96 \times \frac{234}{50} = +0.023$			
			計		234.373					
		測量距離		234.401 m						

表 2.3.2

基線名		本基線第 I 區				記錄人		測量人		I	II	III	IV
測年	量日	61 年 2 月 10 日				使用尺	No.5	前手					
時間	16:30 ~17:00	氣候		陰	標準張力		10kg	後手					
次數	溫度				初 讀	終 讀	實測距離	改正值 (溫度)	改正距離				
	I	2	3	平均									
I	1	2.8	2.9	2.7	2.8	^m 0.0270	^m 49.8170	^m 49.7900	^m -0.0069	^m 49.7831			
	2	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0324	49.8222	49.7898	-0.0069	49.7829			
	3	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0368	49.8270	49.7902	-0.0069	49.7833			
	4	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0412	49.8315	49.7903	-0.0069	49.7834			
	5	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0459	49.8360	49.7901	-0.0069	49.7832			
II	6	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0480	49.8383	49.7903	-0.0069	49.7834			
	7	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0528	49.8430	49.7902	-0.0069	49.7833			
	8	2.9	3.0	2.8	2.9	0.0550	49.8450	49.7900	-0.0069	49.7831			
	9	2.2	2.3	2.1	2.2	0.0580	49.8482	49.7902	-0.0073	49.7829			
	10	2.3	2.4	2.2	2.3	0.0629	49.8535	49.7906	-0.0072	49.7834			
IV	18												
	19												
	20												
改正	測定溫度	標準溫度	溫度差		概 長	膨脹係數	改正量	溫度改正平均長	49.7832 _m				
	2.8°C	15°C	-12.2°C		× 49.8	× 0.000114	-6.9 ^m	指標誤差	+4.2 _m				
	2.9		-12.1	-6.9			標高差	0					
	2.2		-12.8	-7.3			傾斜改正	0					
2.3	-12.7		-7.2	基線長			49.7874 _m						
備考	支持樁間隔 = 5 m (與比較基線相同)												

注：依所需精度及測量方法，記入必要欄內。

- (10) 卷尺之位置每一次移數mm測量。
- (11) 測量5次完畢後，僅將前後端之讀尺人交換。
- (12) 測量10次完畢後，將卷尺之前後端調換。
- (13) 測量15次完畢後，交換前後端之讀尺人。
- (14) 測量20次就完畢。
- (15) 重複同樣的作業，依序測量至 M_1 、 M_2 、…… $M_n \sim B$ 的距離。
- (16) 記錄簿之記載如表2.3.2。

2.4 注意事項

- (1) 鋼卷尺一定要在測量前與標準長作比較檢定，以求其指標差。
- (2) 測量時宜選無風的日子。
- (3) 測量宜在陰天或夜間進行（晴天不能正確地改正溫度）。
- (4) 刻度應由讀定線直上面讀出。

2.5 相關知識

- (1) 若與比較檢定用同一條件（張力、支持樁間隔）施測，而需要溫度改正及傾斜改正時，僅改正傾斜一項即可。
- (2) 在實習中測量之次數雖定為20次，但可依所需精度、目的而適當減少之。

第三節 結果之處理

3.1 目的

改正距離測量結果並計算其精度。

3.2 使用儀器

- ① 計算機。
- ② 算盤。

3.3 實習

[a] 改正。

- (1) 溫度改正用式

$$C_t = +dL(t - t_0) \dots\dots\dots (2.3.1)$$

C_t = 對溫度之改正量

d : 使用卷尺之膨脹率 (0.0000112 ~ 0.0000117 / deg)

L : 實測距離

t : 測量時之溫度

t_0 : 標準溫度 (普通為 15°C)

(2) 傾斜改正用式

$$C_i = -h^2 / 2L \dots\dots\dots (2.3.2)$$

C_i : 對傾斜之改正量

h : 卷尺兩端點之高度差

L : 斜距離

(b) 精度

表示精度, 計有下列二種方法。

(1) 以 2 次測量結果之差, 與平均值之比表示之。

(2) 以平均二乘誤差 (中等誤差) 與最近似值之比表示之。

以下就第(2)法作為實習用。

1) 最近似值

a) 測量值之權量相等時

$$L_0 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + \dots\dots\dots + L_n}{n} = \frac{[L]}{n} \dots\dots\dots (2.3.3)$$

L_0 : 最近似值

$L_1, L_2, \dots\dots L_n$: 各次的改正距離

n : 測量次數

b) 測量值之權量不等時

$$L_0 = \frac{p_1 L_1 + p_2 L_2 + p_3 L_3 + \dots\dots\dots + p_n L_n}{p_1 + p_2 + p_3 + \dots\dots\dots + p_n} = \frac{[pL]}{[p]} \dots\dots\dots (2.3.4)$$

$p_1, p_2, p_3, \dots\dots\dots p_n$: 各測量值之權量

2) 剩餘誤差

$$v_1 = L_0 - L_1, v_2 = L_0 - L_2, v_3 = L_0 - L_3, \dots\dots\dots$$

$$v_n = L_0 - L_n \dots\dots\dots (2.3.5)$$

• $v_1, v_2, v_3, \dots\dots\dots v_n$: 各測量值之剩餘誤差

3) 平均二乘誤差 (中等誤差、標準偏差)

a) 權量相等時

$$M = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots\dots\dots + v_n^2}{n(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (2.3.6)$$