

普通測量學講義

下 冊

儲 鍾 瑞 編
刘 呈 祥

清 華 大 學 出 版 科 印

1 9 5 7

下 册 目 录

第四編 水準測量

第十三章 水準測量的基本知識	13—1
13-1 高程測量的目的和種類	13—1
13-2 幾何水準測量的原理	13—2
13-3 地球曲率和折光的影响	13—2
13-4 水准儀的構造和類型	13—3
13-5 水准尺和尺墊	13—5
13-6 定鏡水准儀的檢驗和校正	13—6
13-7 活鏡水准儀的檢驗和校正	13—8
13-8 水准點	13—10
13-9 水准測量的方法	13—11
13-10 水准測量的測站校核	13—13
13-11 水准測量的成果校核和調整	13—13
13-12 做水准測量時應注意的事項	13—14
13-13 水准測量的精度	13—14
第十四章 三四等水准測量	14—1
14-1 三四等水准測量的用途和精度	14—1
14-2 三等水准測量所用的儀器和水准尺	14—1
14-3 三等水准測量的外業	14—1
14-4 四等水准測量所用的儀器和水准尺	14—4
14-5 四等水准測量的外業	14—4
14-6 水准測量外業成果的初步整理和三四等水准測量的容許閉合差	14—6
14-7 單獨水准路綫的調整	14—7
14-8 具有一個結點的水准網的調整	14—8
14-9 巴波夫法水准網的調整	14—9
第十五章 路綫水准測量和面水准測量	15—1
15-1 路綫水准測量的概念	15—1
15-2 路綫水准測量的準備工作	15—1
15-3 曲綫元素和曲綫主點	15—2
15-4 路綫縱斷面水准測量	15—4

15-5 橫斷面水准測量	15—6
15-6 在陡坡上的水准測量，X 點法和水平尺法	15—7
15-7 越過河流或山谷的水准測量	15—8
15-8 縱斷面圖和橫斷面圖的繪制	15—8
15-9 面水准測量的概念	15—10
15-10 用干錢法作面水准測量	15—10
15-11 用方格法作面水准測量	15—11

第五編 視距測量

第十六章 視距測量	16—1
16-1 一般概念	16—1
16-2 視距測量的原理	16—1
16-3 視距經緯儀及視距尺	16—4
16-4 視距常數的測定	16—4
16-5 量豎直角	16—6
16-6 豎盤游標和游標水准管的檢驗和校正	16—9
16-7 視距測量的精度	16—10
16-8 自計視距儀	16—11
16-9 視距測量的外業	16—13
16-10 視距表，視距圖，視距計算尺	16—15
16-11 視距測量的成果整理	16—18
16-12 地形圖的繪制	16—19

第六編 平板儀測量

第十七章 平板儀測量	17—1
17-1 一般概念	17—1
17-2 平板儀的構成部份和附件	17—2
17-3 平板和附件的檢驗和校正	17—4
17-4 照准儀的檢驗和校正	17—4
17-5 平板儀的安置	17—5
17-6 平板儀的前方交會和測方交會	17—7
17-7 交會法的精度和交角的限度	17—8
17-8 圖解三角網	17—9
17-9 圖解三角網各點高程的確定	17—10
17-10 圖解三角網各點差的調整	17—12
17-11 補點（傳遞點）	17—13
17-12 碎部測量	17—15

17-13 平板儀測量的精度	17—16
17-14 平板儀測量的優缺點和它的應用	17—16
17-15 平板儀同經緯儀，水准儀的配合應用	17—16
17-16 小平板儀同經緯儀的配合應用	17—16

第七編 低精度的平面和高程測量

第十八章 气压高程測量 18—1

18-1 一般概念	18—1
18-2 氣壓高程測量的公式	18—1
18-3 氣壓高程測量所用的儀器	18—2
18-4 空盒氣壓計的讀數的改正數	18—2
18-5 氣壓高程測量的外業	18—3
18-6 氣壓高程測量的成果整理工作	18—4
18-7 用一個氣壓計觀測的成果整理實例	18—5
18-8 氣壓高程測量的精度	18—8

第十九章 草 測 19—1

19-1 草測的意義和應用	19—1
19-2 距離的測定	19—1
19-3 直綫定向和角度的測定	19—2
19-4 高差和高程的測定	19—2
19-5 草測的作業	19—3

第八編 地形圖的应用

第二十章 地形圖的应用 20—1

20-1 讀圖和用圖	20—1
20-2 籍地形解決的某些問題	20—1

第九編 工程建築物的樁定工作

第二十一章 樁定的一般工作，圓曲綫的樁定，房屋，管道，

土壩及小橋的樁定 21—1

21-1 概念	21—1
21-2 樁定點子的方法和基本測量工作	21—1
21-3 極坐標法	21—1
21-4 直角坐標法	21—2
21-5 角度交會法	21—3
21-6 距離交會法	21—3

21-7	在地面上設置已知長度的直綫	21—3
21-8	在地面上設置已知角值的水平角	21—4
21-9	根據地面上已有的地物樁定新建築物	21—5
21-10	樁定圓曲綫	21—6
21-11	視線爲地物所阻時的樁定方法	21—10
21-12	樁定高程等于一定數值的點子	21—13
21-13	設出已給坡度的直綫	21—13
21-14	龍門板在樁定房屋時的應用及其設置	21—14
21-15	地下管道的樁定工作	21—14
21-16	小土壩的樁定工作	21—15
21-17	小型橋樑的樁定工作	21—16

第二十二章 樁定工作中的特殊問題 22—1

22-1	用捲尺設置直角	22—1
22-2	用捲尺從直綫外面一點作垂直綫	22—1
22-3	用捲尺求出角度	22—2
22-4	解析法測定建築物的高度	22—2
22-5	高程的傳遞	22—4
22-6	把一塊地面劃成水平面	22—5
22-7	把一塊地面劃成傾斜的平面	22—5

第十編 在水利技術方面用到的測量工作

第二十三章 方位角的測定 23—1

23-1	天球概念	23—1
23-2	定位三角形	23—1
23-3	天體的方位角和地面目標的方位角之間的關係	23—2
23-4	觀測太陽確定地面目標的真方位角	23—2
23-5	用 Φ . H. 克拉索夫斯基教授的方法測定方位角	23—5
23-6	同高觀測天體來測定方位角	23—6
23-7	用日圭法測定真子午綫方向	23—6

第二十四章 測定個別點子的坐標 (導綫和三角點或較高級導綫點的連結) 24—1

24-1	一般概念	24—1
24-2	間接法傳遞坐標	24—1
24-3	前方交會法	24—2
24-4	側方交會法	24—7
24-5	三點後方交會法 (三點問題)	24—7
24-6	兩點後方交會法 (兩點問題)	24—13

第二十五章 全國性的控制測量和小三角測量25—1

- 25-1 一般概念25—1
- 25-2 三角測量的選點，造標和埋石25—2
- 25-3 小三角測量控制機構25—3
- 25-4 邊長的精度25—4
- 25-5 小三角測量的基綫丈量25—6
- 25-6 小三角測量的測角工作25—7
- 25-7 小三角鎖的平差25—8

第二十六章 河道測量26—1

- 26-1 一般概念26—1
- 26-2 河流縱向水准測量26—1
- 26-3 水深測量26—1
- 26-4 河底地形及縱斷面的繪制26—3

第十一編 攝影測量

第二十七章 攝影測量27—1

- 27-1 概念27—1
- 27-2 航空攝影測量的一般過程27—1
- 27-3 像片的比例尺及像點的位移27—2
- 27-4 像片的判讀27—3
- 27-5 像片畧圖的編制27—4
- 27-6 像片平面圖的編制27—4
- 27-7 測繪地形圖的不同航測方法27—5
- 27-8 地面立體攝影測量27—7

第十四章 三四等水准測量

14-1 三四等水准測量的用途和精度

三四等水准測量，除了用于施測全國性的高程控制點外，也用于小範圍內（小于 50 平方公里）水利工程的勘測和修建工作。此外，修建複雜而重要的工程建築物時，例如上、下水道，排水溝渠，也必須建立較高精度的高程控制網。

三等水准測量的誤差規定為：偶然誤差每 $\text{km} \pm 4.0 \text{ mm}$ ；系統誤差每 $\text{km} \pm 0.8 \text{ mm}$ 。四等水准測量的誤差規定為：偶然誤差每 $\text{km} \pm 10.0 \text{ mm}$ ；系統誤差每 $\text{km} \pm 2.0 \text{ mm}$ 。

14-2 三等水准測量所用的儀器和水准尺

望遠的物鏡的直徑應在 35 至 40 mm 之間，角放大率在 30 至 40 之間，水准管分劃值不得大于 $15''$ 。三等水准測量是根據三絲唸讀數的，為了使最低的讀數不太近地面，三條絲應較接近，所以使視距乘常數等于 200。

三等水准測量所用的水准尺是 3 公尺長，兩面刻着公分分劃，公分分劃的偶然誤差不得大于 0.5 mm。

14-3 三等水准測量的外業

先在小比例尺地形圖上選定水准點，然後到野外踏勘，加以修正。

三等水准測量是採用中間法進行的。儀器到水准尺的距離可以伸縮在 75 至 100 公尺之間，每次後視距離和前視距離的差數不得超過 3 公尺。視線離地面最少要有 0.3 公尺。

三等水准測量應在成像穩定，空氣溫度改變不快的時候觀測。

在每一站按下列次序唸讀數：

1. 在後視尺子的黑面上唸出三條橫絲的後視讀數。
2. 在前視尺子的黑面上唸出三條橫絲的前視讀數。
3. 在前視尺子的紅色面上唸出中絲的前視讀數。
4. 在後視尺子的紅色面上唸出中絲的後視讀數。

記錄格式內圓括弧內的數字表示記錄和計算的次序。三絲讀數的平均值應和中絲讀數符合。這個平均值應和紅色面上的讀數符合，當然要考慮到尺上黑面零點讀數和紅面零點讀數差一個常數。這個不符值不得超過 2 公厘。此外根據黑面讀數算出的高差和根據紅面讀數算出的高差相差不得大于 3 公厘，要注意所舉的例子中兩根尺子紅色面的零點相差 100 公厘。

(13) 和 (14) 是視距讀數。(15) 是 (13) 減 (14)。(16) 是從起點到這一站 (15) 的總和。

(17) 是 (1)，(2)，(3) 的總和，(18) 是 (9) 的總和，所以 (17) 應等于 (18) 的 3 倍

普通測量學

三等水准測量手簿記錄格式

日期 1940 年 7 月 13 日

天氣：晴 微風

6 時 00 分起， 時 分止。

結像：良好。

視 距 三絲讀數 三絲平均	黑 色 面			紅 色 面	
	後 視 尺	前 視 尺	高 差	後視尺 高	前視尺 差
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. 12	No. 13	測站 No. 25		
	374 (13)	376 (14)	(15) - 21 + 7 (16)		
	1197 (1)	363 (4)		6171 (8)	
	1384 (2)	551 (5)		5239 (7)	
	1571 (3)	739 (6)			
	1384.0 (9)	551.0 (10)	+ 833.0 (11)	+ 932 (12)	
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. 13	No. 12	測站 No. 26		
	374	375	- 1 / + 6		
	1747	1821		6621	
	1934	2008		6796	
	2121	2196			
	1934.0	2008.3	- 74.3	- 155	
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. 12	No. 13	測站 No. 27		
	375	377	- 2 / + 4		
	1539	1678		6513	
	1726	1866		6554	
	1914	2055			
	1726.3	1866.3	- 140.0	- 41	
每 頁 檢	15133 (17)	13277 (19)	+ 618.7 (21)	19305 (22)	
	5044.3 (18)	4425.6 (20)		18589 (23)	
核 計 算				+ 716 (24)	
				+ 616 (25)	
				+ 1237.4 (26)	
				+ 617.8 (27)	

普通測量學

三等水准測量手簿記錄格式

日期 1940 年 7 月 13 日

天氣：晴，微風。

時 分起，6 時 45 分止。

結像：良好。

視 距 三絲讀數 三絲平均	黑 色 面			紅 色 面	
	後 視 尺	前 視 尺	高 差	後視尺 高	前視尺 差
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. 13	No. 12 在水准 點 No. 357	測站 No. 28		
	265	267	-2/+2		
	1700	1874		6519	
	1832	2007		6793	
	1965	2141			
	1832.3	2007.3	-175	-274	
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. —	No. —	測站 No. —	6519 (22)	
	5497 (17)	6022 (19)		6793 (23)	
	1832.3 (18)	2007.3 (20)	-175 (21)	-274 (24)	
	後視尺視距總和	綫段終了の	檢核計算		
	前視尺視距總和	10245 (28)	綫段距離 =	4.1 公里 (30)	
視距 上絲 中絲 下絲 平均	No. —	+2 No. —	測站 No. —		
			-1925.3 (Σ21)	-1923 (Σ25)	
				-3850.6	
		往測平均高差		-1924.5 (Σ27)	
		返側平均高差		+1933.4	
檢 核	測得的不符值			+ 8.9 (31)	
	容許不符值			± 20.2 (32)	
	往測及返測的平均高差			-1929.0 (33)	

。同樣 (19) 應等于 (20) 的 3 倍。(21) 是根據黑色面所得的高差總和，它應等于 (18) 減 (20)。(22) 是 (8) 的總和，(23) 是 (7) 的總和。(24) 是 (12) 的總和，它應等于 (22) 減 (24)。(24) 減 100 後得 (25)，就是根據紅色面測出的高差。按照權平均數

$$\frac{2(21)+(25)}{3} = \frac{(26)+(25)}{3}, \text{ 求這一頁的高差總和 (27)。}$$

(28) 及 (29) 是後視尺及前視尺的視距讀數總和。把它們之和乘視距常數 200 後，就得水准路線的長度，以公里計 (30)。

對於往、返方向觀測的每一綫段，在手簿中應計算往測和返測所得的不符值 (31)，容許的不符值 (32) 以及平均高差 (33)。容許的不符值按下節給出的公式計算。

14-4 四等水准測量所用的儀器和水准尺

望遠鏡的角放大率應在 25 至 30 之間，水准管分劃值不得大于 $25''$ 。水准尺一般是 3 m 長。尺上公分分劃的偶然誤差不得超過 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 。

14-5 四等水准測量的外業

四等水准測量也是用中間法進行的。儀器到水准尺的距離可以伸縮在 100 至 150 m 之間。四等水准測量可以用兩面尺觀測或用單面尺改變儀器高觀測。

用兩面尺觀測的步驟如下：

1. 用中絲唸後視尺上黑色面的讀數； 2. 同樣唸前視尺上黑色面的讀數； 3. 唸前視尺上紅色面的讀數； 4. 唸後視尺上紅色面的讀數。

用單面尺改變儀器高觀測的步驟如下：

1. 唸後視讀數； 2. 唸前視讀數； 3. 改變儀器高約 10 公分， 4. 再唸前視讀數； 5. 再唸後視讀數。

下面是用雙面尺的記錄格式。圓括弧中的數字表示記錄和計算的次序。

同一尺上黑色面讀數同紅色面讀數應差一個常數，不符值不得大于 3 公厘。表中 (5) = (4) - (1)，(6) = (3) - (2)。計算 (5) 和 (6) 是爲了這種檢查。請注意，我們這裏兩根尺子的紅色面零點相差 100，因而兩個尺子的黑、紅面讀數的常數差也差 100。

根據黑色面讀數 (1)，(2) 所得的高差 (7) 和根據紅色面讀數 (4)，(3) 所得的高差 (8) 也應相差 100。不符值不得超過 5 公厘。表中 (9) = (8) - (7)，(9) 和 100 的差數不得超過 5。爲了檢查計算上有沒有錯誤，我們可以計算 (5) - (6)，它應該等于 (9)，因爲

$$(5) - (6) = (4) - (1) - [(3) - (2)] = (4) - (3) - [(1) - (2)] = (8) - (7) = (9)。$$

考慮了兩根尺上紅色面零點差的改正數後，根據 (7)，(8) 計算平均高差，以 (10) 標明。

每頁的計算也要校核。(11) = $\Sigma(1) + \Sigma(4)$ ，

(12) = $\Sigma(2) + \Sigma(3)$ ，(13) = $\Sigma(7) + \Sigma(8)$ 。(13) 應等于

(11)-(12), 因為 $(13) = \Sigma(7) + \Sigma(8) = \Sigma[(1)-(2)] + \Sigma[(4)-(3)]$

$= \Sigma(1) - \Sigma(2) + \Sigma(4) - \Sigma(3) = \Sigma(1) + \Sigma(4) - [\Sigma(2) + \Sigma(3)]$

$= (11) - (12)。$

(14) 是 $\Sigma(10)$, 應等於 $\frac{1}{2}(13)$, 如果一頁上的測站數是單數 (14) 和 $\frac{1}{2}(13)$ 就會相差 50。

每一綫段計算完畢後還要做一次總的檢查, 就是 $\Sigma(13)$ 應等於 $\Sigma(11) - \Sigma(12)$, 並 $\Sigma(14)$ 應等於 $\frac{1}{2}\Sigma(13)$ 或相差 50, 要看測站數是雙數還是單數。

對於進行往、返觀測的每一綫段, 也要計算兩次結果的不符值, 容許值和其平均高差。

四等水准測量記錄格式

測 站	點 距 號 離	尺 上 讀 數		高 程 度	平均高程差
		後 視	前 視		
1	水准點 $\frac{601-1}{106}$	(1) 596	(2) 909	(7) -313	(10) -312
		(4) 5283	(3) 5695	(8) -412	
		(5) 4687	(6) 4786	(9) -99	
2	$\frac{(1-2)}{160}$	265	472	-207	-207
		5052	5159	-107	
		4787	4687	+100	
3	$\frac{(2-3)}{120}$	528	711	-183	-183
		5215	5498	-283	
		4687	4787	-100	
4	$\frac{(3-4)}{160}$	171	469	-298	-299
		4958	5158	-200	
		4787	4689	+98	
5	$\frac{(4-5)}{140}$	847	1085	-238	-238
		5534	5872	-338	
		4687	4787	-100	

6	(5-6) 140	924 5711	858 5543	+ 66 + 168	+ 67
		4787	4685	+ 102	
每頁檢 核計算	Σ	(11) 85084 (12) 37429 -2345	(12) 37429	(13) -2345 -2345/2 = -1172	(14) -1172
32	31- 水准點 217 40	綫 1482 6269	段 終 533 5239	了 + 929 + 1030	+ 930
		4787	4686	+ 101	

綫段終了檢核計算

總 數	5.7 公里	$\Sigma(11)214508$	$\Sigma(12)202784$	$\Sigma(13) + 11724$	$\Sigma(14) + 5862$
		$\frac{\Sigma(12)202784}{11724}$	$\frac{\Sigma(13)}{2} = + 5862$		
		往測平均高差		+ 5862	
		返測平均高差		- 5835	
		所得閉合差		+ 27	
		容 許 差 值		± 72	
		往返平均高差		+ 5848	

14-6 水准測量外業成果的初步整理和 三四等水准測量的容許閉合差

水准測量外業成果的室內整理，首先是將手簿中的記錄和計算全部檢查一遍。此後把相鄰水准點間的高差列到表中，並註明它們之間的距離和測站數目。再把要調整的水准路綫畫成草圖，並寫出調整時所需要的數據。

在調整前必須先算出各水准路綫的高差閉合差，看它們是否在容許範圍之內，此後可按照單獨的水准路綫或水准網進行調整。

（1）三等水准測量的容許閉合差

當三等水准路綫的兩端連接到較高級的水准點，或自行閉合時，用下列公式計算容許的高差閉合差：

$$\text{容}\Delta h = \sqrt{64L + 0.64L^2} \text{ mm},$$

式中 L 是路綫長度以公里計。

這個公式是這樣推導的：三等水准測量的偶然誤差規定為每公里 $\pm 4\text{mm}$ ，那末，容許的偶然誤差是每公里 $\pm 8\text{mm}$ ，而全長的偶然誤差是和 $\sqrt{L}$ 成正比，等於 $\pm 8\sqrt{L} \text{ mm}$ 。規定的系統誤差為每公里 $\pm 0.8 \text{ mm}$ ，是根據實際情況確定的，容許的系統誤差也是每公里 $\pm 0.8 \text{ mm}$ 。全長系統誤差是和 L 成正比，等於 $\pm 0.8L \text{ mm}$ 。合在一起，

$$\text{容}\Delta h = \pm \sqrt{(\pm 8\sqrt{L})^2 + (\pm 0.8L)^2} = \pm \sqrt{64L + 0.64L^2} \text{ mm}.$$

當沿着路綫進行往返或同方向兩次觀測時，兩個水准點間的高差差數的容許值是：

$$\text{容}\Delta h = \pm \sqrt{(\pm 8\sqrt{L})^2 + (\pm 8\sqrt{L})^2} = \pm 11\sqrt{L}$$

規範規定用湊整公式：

$$\text{容}\Delta h = \pm 10\sqrt{L} \text{ mm},$$

式中 L 是單程路綫長度以公里計。

在上式的推導過程中，系統誤差未曾顧及，這是因為路綫長度不大的關係。

(2) 四等水准測量的容許閉合差

按照同樣的道理可得：

當四等水准路綫的兩端附合到較高級的水准點或自行閉合時，用下列公式計算容許的高差閉合差：

$$\text{容}\Delta h = \pm \sqrt{400L + 4L^2} \text{ mm},$$

式中 L 是路綫長度以公里計。

當沿路綫往返或同方向進行兩次觀測時，兩次高差差數的容許值是：

$$\text{容}\Delta h = \pm 30\sqrt{L} \text{ mm},$$

式中 L 是單程路綫長度以公里計。

14-7 單獨水准路綫的調整

(1) 對於無連結的單獨水准路綫（即支水准） 當沿路綫進行往返或同方向兩次觀測時，如果閉合差是容許的，就取兩次高差的平均值為調整後的高差（參考三四等水准測量記錄格式末尾部分），並根據調整後高差計算各點的高程。

(2) 對於附合的或閉合的水准路綫 如果閉合差是容許的，就將閉合差依相反的符號進行調整，使改正數的總和等於閉合差的大小，各水准點間高差的改正數可按其間的距離或測站數

目成正比來計算，然後按照改正後的高差計算各點的高程。下面是一個附合四等水準路線調整的例子。

點 的 名 稱	距 離 (公里)	測 站 數 目	測得高差 (公尺)	改 正 數 (公尺)	改 正 後 高 差	高 程 (公尺)
水準點 A						<u>211.453</u>
41	4.3	28	+ 3.748	+0.012	+ 3.760	215.213
42	11.1	73	- 2.365	+0.033	- 2.332	212.881
43	6.2	41	+11.430	+0.018	+11.448	224.329
水準點 B	4.2	28	+ 0.775	+0.012	+ 0.787	<u>225.116</u>
(總和)	25.8	170	+13.588	+0.075		
應得高差	$H_B - H_A =$		+13.663			
閉合差	$\triangle h = -0.075$					

根據起始和終了水準點 A 和 B 的已知高程求得的高差為 +13.663 公尺，而實際測得的高差為 +13.588 公尺，閉合差為 -0.075 公尺。四等水準測量的容許閉合差為：

$$\text{容}\triangle h = \pm \sqrt{400 \times 25.8 + 4 \times 25.8^2} = \pm 105 \text{ mm}$$

因此所得閉合差 -75 mm 是容許的，可以進行調整。

如按測站數目進行改正，就計算每一測站的改正數，它等於 $+\frac{75}{170}=0.44 \text{ mm}$ 。第一段共 28 站，其改正數 $=0.44 \times 28=12 \text{ mm}$ 。同樣計算其他線段的改正數，並檢核其總和。根據水準點 A 的高程和改正後的高差就可計算其他點的高程。

14-8 具有一個結點的水準網的調整

設 A, B, C, D 是較精確地測出的四個高程控制點（圖 14-1）。從這四個點出發沿四條路線測出 E 的高程，得 $H_{E1}, H_{E2}, H_{E3}, H_{E4}$ 。這四個結果的權可以寫成 $p_1 = \frac{k}{L_1}$, $p_2 = \frac{k}{L_2}$, $p_3 = \frac{k}{L_3}$, $p_4 = \frac{k}{L_4}$ ，式中 k 是一個常數， L_1, L_2, L_3, L_4 ，是各路線的長度。

$$\text{最後結果} \quad H_E = \frac{p_1 H_{E1} + p_2 H_{E2} + p_3 H_{E3} + p_4 H_{E4}}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4}$$

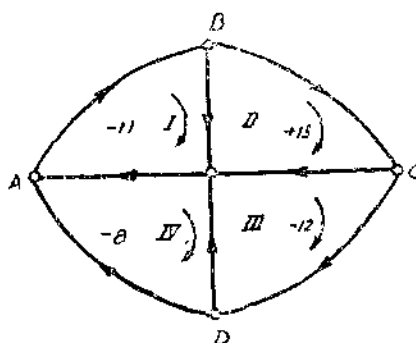


圖 14-1

14-9 巴波夫法水準網的調整

我們來介紹巴波夫法調整水準網的方法，這是簡單而嚴格的方法。圖 14-2 中各箭頭表示表內各高差所指的方向，例如 AB 的高差是箭頭所指一端 B 點的高程減去另一端 A 點的高程。在各個圈內箭頭所指的是該圈內平差後各高差改正的方向，仍以 AB 為例，圈內箭頭是指着順時針的方向，高差改正數是指 B 點高程減 A 點高程的高差應加（代數的）的改正數。

綫 段	高差 h (公尺)	距 離 (公里)
AB	+1.432	7.0
BC	+3.414	6.3
CD	-4.372	7.0
DA	-0.490	7.4
EA	-0.887	4.5
BE	+3.444	3.7
CE	+0.045	5.0
DE	+4.405	4.2

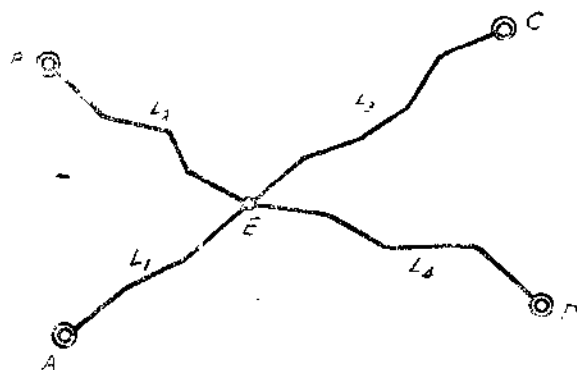


圖 14-2

巴波夫法調整的步驟：

1. 先畫水準網的略圖（圖 14-2），每圈編一個號碼，並在圈內用箭頭表示調整時的方向。
2. 列出高差和綫段長度的表。把長度註在調整所用的略圖上（圖 14-3），並畫一個小圈。

3. 計算每圈內的高差閉合差 Δh ，並註在圖 14-2 各圈的中央。當路線上的箭頭方向和綫圈中央的箭頭方向一致時，圈內綫段的高差應代數地加，反之，應代數地減。

$$\Delta h_I = 1.432 + 3.444 + (-4.887) = -0.011,$$

$$\Delta h_{II} = 3.414 + 0.045 - (3.444) = +0.015$$

$$\Delta h_{III} = -4.372 + 4.405 - (0.045) = 0.012$$

$$\Delta h_{IV} = -0.490 - (-4.887) - (4.405) = -0.008$$

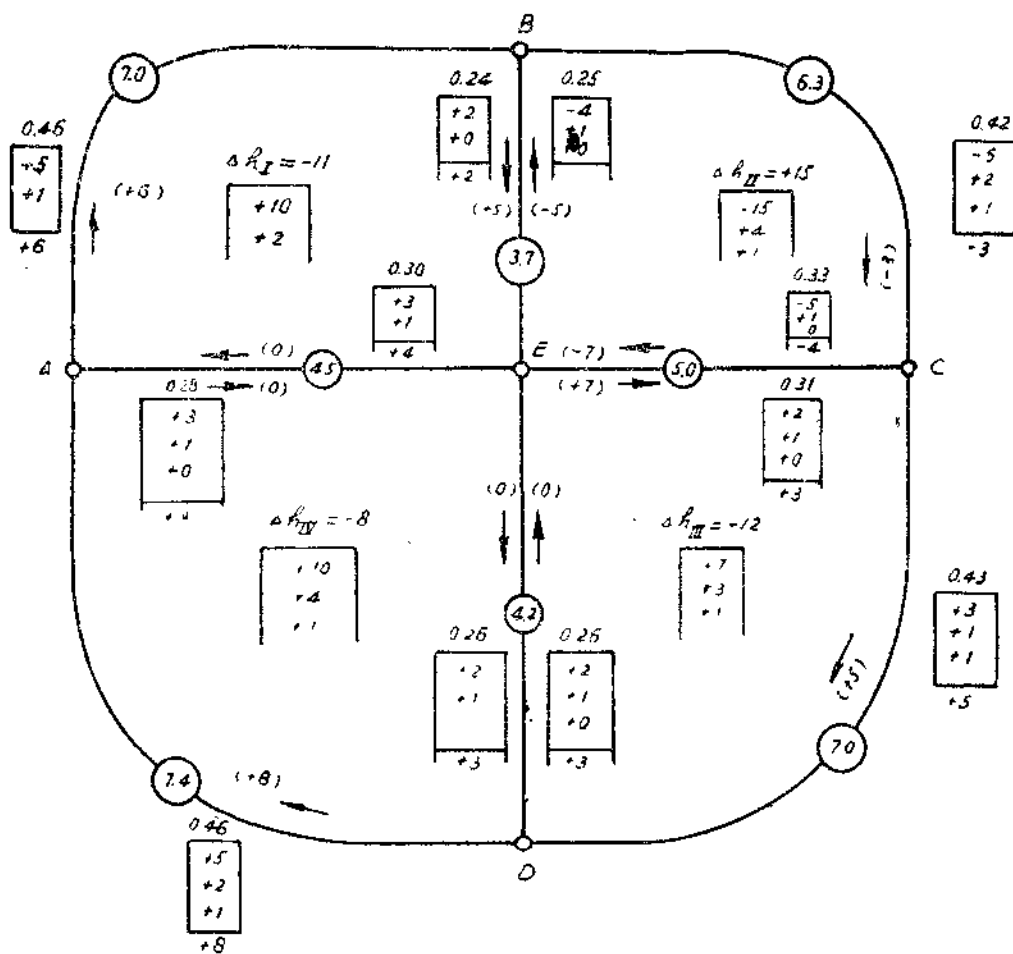


圖 14-3

檢查各圈的閉合差是否在容許範圍內。如果在容許範圍內，就可進行調整，否則，成果不能用，要檢查錯誤在什麼地方。

4. 按邊長成正比，計算各綫段的改正數系數 k ，並註在綫段旁邊的長方框上。

計算例：

$$k_{AB} = \frac{L_{AB}}{[L]_I} = \frac{7.0}{7.0 + 3.7 + 4.5} = 0.46,$$

$$k_{BE} = \frac{L_{BE}}{[L]_I} = \frac{3.7}{7.0 + 3.7 + 4.5} = 0.24,$$

$$k_{EA} = \frac{L_{EA}}{[L]_I} = \frac{4.5}{7.0 + 3.7 + 4.5} = 0.30。$$

5. 因為第 II 圈的閉合差最大，我們從這一圈開始調整。

$$\Delta h_{II} = +15, \quad \text{改正數} = -15。$$

$$-15 \times 0.25 = -4$$

$$-15 \times 0.42 = -6$$

$$-15 \times 0.33 = -5$$

$$\hline -15$$

各綫段的改正數總和等於 -15 ，表示計算沒有錯誤。

6. 第 II 圈調整後，第 II 圈和第 III 圈的公共邊 CE 受到影響，而在 CE 方向改正了 $-5。$

新閉合差 $\Delta h_{III} = -12 - (-5) = -7$ ，改正數 $= +7。$

$$7 \times 0.26 = +2$$

$$7 \times 0.31 = +2$$

$$7 \times 0.43 = +3$$

$$\hline +7$$

7. 第 IV 圈中 DE 邊受到調整第 III 圈的影響。

• 新閉合差 $\Delta h_{IV} = -8 - (+2) = -10$ ，改正數 $= +10。$

$$10 \times 0.46 = +5$$

$$10 \times 0.28 = +3$$

$$10 \times 0.26 = +2$$

$$\hline +10$$

8. 第 I 圈中 BE 邊和 EA 邊都受到影響

新閉合差 $\Delta h_I = -11 - (-4) - (+3) = -10$ ，改正數 $= +10。$

$$10 \times 0.46 = +5$$

$$10 \times 0.24 = +2$$

$$10 \times 0.30 = +3$$

$$\hline +10$$