

普通測量學講義

上 冊

儲 鐘 瑞 編
刘 呈 祥

清 華 大 學 出 版 科 印

1 9 5 7

上册目录

第一編 測量学的初步知識

第一章 緒論	1—1
1-1 測量學的任务	1—1
1-2 測量學在社會主義建設及國防上的意義	1—1
1-3 測量學課程在有關專業中的地位	1—2
1-4 測量學和其他科學的關係	1—2
1-5 測量學發展簡史	1—2
1-6 蘇聯測量學的發展	1—3
1-7 我們古代人民對測繪學術的貢獻	1—4
1-8 近代中國測量學的情況	1—4
1-9 測量用的度量單位	1—4
第二章 以地球总的形狀為根據的地面點的位置	2—1
2-1 地球的總形和大小	2—1
2-2 地面點投影在地球總形上的位置、地面點的高程	2—2
2-3 地理坐標	2—3
2-4 地球曲率對水平距離和高程的影响	2—4
第三章 平面圖、地圖、地形圖	3—1
3-1 地球表面在球面上和平面上的描繪	3—1
3-2 比例尺	3—1
3-3 平面圖	3—2
3-4 地圖	3—3
3-5 地形圖	3—3
3-6 地形圖的慣用符號	3—3
3-7 用等高綫表示地形的概念	3—6
3-8 地形的主要類型及等高表示法	3—7
3-9 等高綫的特性	3—8
3-10 地形圖的編號	3—9
3-11 高斯投影及高斯平面直角坐標	3—12
第四章 測量工作的概念	4—1
4-1 測量工作的外業和內業	4—1

4-2 平面测量和高程测量	4—1
4-3 使用儀器來劃分测量的種類	4—1
4-4 控制测量和碎部测量	4—3
4-5 测量控制網的概念	4—3

第五章 誤差的概念 5—1

5-1 前言	5—1
5-2 誤差的種類	5—1
5-3 偶然誤差的特性	5—2
5-4 算術平均值	5—2
5-5 平均誤差，均方誤差（中誤差）	5—3
5-6 算術平均值的均方誤差	5—4
5-7 用似真誤差表示均方誤差	5—6
5-8 直接觀測值函數的均方誤差	5—8
5-9 觀測結果的權，權平均值	5—11
5-10 權平均值的均方誤差	5—12
5-11 容許誤差	5—14
5-12 相對誤差	5—15

第二編 基本測量工作

第六章 直綫丈量 6—1

6-1 地面上點的標誌	6—1
6-2 直綫定綫	6—2
6-3 直綫丈量的工具	6—4
6-4 鋼尺的檢驗	6—6
6-5 直綫丈量	6—6
6-6 在傾斜地面上丈量	6—7
6-7 直綫丈量的誤差及改正	6—9
6-8 直綫丈量精度的判定，容許誤差	6—11
6-9 測斜器	6—12
6-10 視距法量距離	6—14

第七章 直綫定向 7—1

7-1 定向概念	7—1
7-2 真方位角與磁方位角的關係	7—2
7-3 方位角和象限角的關係	7—3
7-4 根據兩個方向的方位角或象限角求它們之間的夾角	7—4
7-5 正、反方位角和正、反象限角	7—4
7-6 坐標方位角（方向角）	7—6

7-7 根據夾角計算坐標方位角(方向角)	7-7
第八章 羅盤儀	8-1
8-1 羅盤儀的構造	8-1
8-2 用羅盤儀測定磁方位角或磁象限角	8-2
8-3 羅盤儀的檢驗	8-3
第九章 水平角測量	9-1
9-1 量水平角的原理	9-1
9-2 經緯儀的構造	9-1
9-3 度盤和游標盤	9-4
9-4 游標原理和使用	9-4
9-5 度盤及游標的檢查	9-6
9-6 光學的讀角設備	9-8
9-7 管水准器, 水准管軸	9-8
9-8 水准管的分劃值和靈敏度	9-9
9-9 圓水准器	9-11
9-10 望遠鏡的構造及成象	9-11
9-11 十字絲、望遠鏡的對光、視差	9-13
9-12 望遠鏡的光學性能	9-14
9-13 內對光望遠鏡	9-17
9-14 經緯儀的檢驗和校正	9-18
9-15 儀器誤差對水平角觀測的影響	9-21
9-16 經緯儀的保養	9-24
9-17 光學經緯儀	9-24
9-18 經緯儀的安置和望遠鏡的使用	9-26
9-19 量水平角的方法	9-28
9-20 量角的精度	9-31
9-21 設角器	9-34

第三編 經緯儀測量

第十章 經緯儀測量的外業	10-1
10-1 經緯儀測量的概念	10-1
10-2 導線的種類和經緯儀導線測量的外業	10-1
10-3 間接測定距離的方法	10-3
10-4 導線和高級控制點的連接	10-3
10-5 測定碎部的方法	10-4
10-6 羅盤儀的應用場合	10-6

10-7 經緯儀測量的手簿和草圖	10-6
10-8 修建地區經緯儀測量的特點	10-7
第十一章 經緯儀測量的內業	11-1
11-1 經緯儀測量內業概念	11-1
11-2 閉合導線角度閉合差的計算和調整	11-1
11-3 閉合導線各邊方向角和象限角的計算	11-2
11-4 附合導線的角閉合差和方向角的計算	11-4
11-5 點子的直角坐標和兩點間的坐標增量	11-6
11-6 坐標增量的計算	11-7
11-7 直角坐標的正算和反算問題	11-8
11-8 閉合導線坐標增量閉合差的計算和調整	11-9
11-9 坐標的計算	11-11
11-10 附合導線坐標增量閉合差的計算和調整	11-13
11-11 結點導線的計算	11-13
11-12 導線錯誤的發現	11-15
11-13 根據導線點的坐標畫導線	11-16
11-14 根據邊長和象限角繪出導線(圖解法)	11-18
11-15 綫閉合差及其調整(平行綫法)	11-19
11-16 將地物畫在平面圖上	11-21
11-17 平面圖的整飾	11-22
11-18 平面圖的保管,圖紙變形	11-22
11-19 平面圖的縮放和描繪	11-22
第十二章 面積計算	12-1
12-1 一般概念	12-1
12-2 圖解法求面積	12-1
12-3 解析法求面積	12-2
12-4 定極求積儀	12-3
12-5 定極求積儀的原理	12-5
12-6 定極求積儀的檢驗	12-7
12-7 定極求積儀的使用	12-7
12-8 使用定極求積儀時應注意事項	12-8
12-9 薩維奇法	12-8
12-10 不同方法量面積的精度	12-9

第十二章 面積計算

12-1 一般概念

在工程上常常需要求出一定輪廓範圍內的面積，例如廠礦所佔的面積，河道管道的橫斷面面積，河流流域面積等。

求面積的方法很多，普通分為解析法，圖解法和機械法三種。解析法是根據野外實測的尺寸（或由它計算出圖形轉折點的坐標），直接計算圖形面積。解析法僅包含測量誤差，所以是最精確的方法。圖解法和機械法都是根據平面圖上的圖形來決定積面，其中圖解法是由圖上量得的尺寸或利用簡單圖表來計算面積，機械法是用求積儀來量測面積。由於後兩種方法是根據平面圖上的圖形求面積，所以野外測量誤差，繪圖誤差，圖紙變形誤差，求面積方法本身的誤差，特別是平面圖比例尺的大小，都影響求面積的精度，這兩種方法的精度自然不如解析法。但是它們的優點是方法簡便，並具有一定的精度，應用也很廣。

茲將我國常用的面積單位列在下面：

- 1 市畝 = 6000 平方市尺。
- 1 公畝 = 100 平方公尺， 1 公頃 = 100 公畝。
- 1 市畝 = $6\frac{2}{3}$ 公畝。
- 1 公頃 = 15 市畝。

12-2 圖解法求面積

1. 如果圖形的輪廓線是直線或很接近直線（圖 12-1），我們把這個圖形分成若干三角形和梯形。在圖上量出這些簡單圖形的底和高以後，就可以先分別算出它們的面積，然後求出它們的總和，再按畫圖的比例尺計算實際面積。

2. 如果圖形的輪廓線是曲線，是較不規則的，我們可以利用透明方格紙（圖 12-2）或透明半形綫紙（圖 12-3）來求面積。前一種是把圖形分成很多小方格，數一下圖形（圖 12-2）包括多少個方格，邊緣上的零頭需要估計。每一個小方格代表多少面積是知道的，這就可以計算總面積。後一種是把圖形分成很多近似梯形，梯形的高是平行綫間的距離 d ，梯形的平均邊長以 w 代表。

$$\text{面積} = w_1 d + w_2 d + \dots = d(w_1 + w_2 + \dots)$$

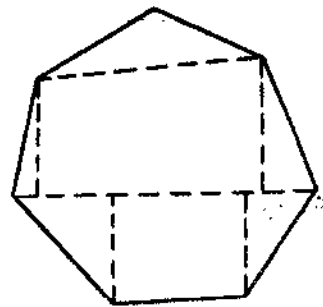


圖 12-1

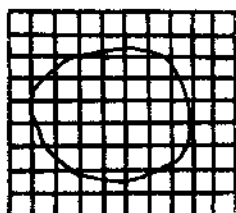


圖 12-2



圖 12-3

12-3 解析法求面積

當圖形比較簡單並且範圍不大時，可以把圖形劃分為三角形，梯形，在野外實測出有關計算面積的尺寸，按照幾何學或三角學的公式來計算面積。在劃分圖形時，應當注意使計算面積用的“底”和“高”的數值，不要相差懸殊，否則小的數值應當更精確地測定。這個原則也同樣適用於圖解法求面積的情況。當施測的圖形複雜，範圍較大時，那末首先計算各頂點的坐標，然後按坐標計算面積。

設有一個四邊形 ABCD (圖 12-4)，頂點的坐標各是 $x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; x_4, y_4$ 。這個四邊形的面積等於兩個梯形 aABb 和 bBCc 的面積之和減去另外兩個梯形 aADd 和 dDCc 的面積。

$$\text{面積} P = \frac{1}{2}(x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + \frac{1}{2}(x_2 + x_3)(y_3 - y_2)$$

$$- \frac{1}{2}(x_1 + x_4)(y_4 - y_1)$$

$$- \frac{1}{2}(x_4 + x_3)(y_3 - y_4)$$

$$= \frac{1}{2}x_1(y_2 - y_4) + \frac{1}{2}x_2(y_3 - y_1) +$$

$$\frac{1}{2}x_3(y_4 - y_3) + \frac{1}{2}x_4(y_1 - y_2)$$

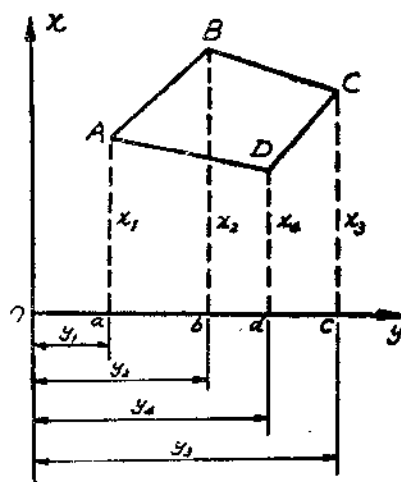


圖 12-4

對於 n 點的多邊形，我們可以寫成：

$$P = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

即

$$2P = \sum_{i=1}^n X_i (y_{i+1} - y_{i-1})。$$

這個式子表明多邊形的兩倍面積等于每一點的 x 坐標同前一點和後一點的 y 坐標差的乘積之和。

同樣我們可以推出：

$$2P = \sum_{i=1}^n y_i (x_{i-1} - x_{i+1})。$$

一般我們同時用兩個公式來計算，以資校核。

如果坐標的數值太大，計算既不方便也容易出錯，我們可以把所有的坐標減去同一個數值，這相當于移動坐標軸，顯然坐標軸的移動不會影響面積，因而用減小後的坐標來計算面積應該得出同樣的結果。

例題：

點 號	坐 標		y_{i+1}	x_{i-1}	$x_i(x_{i+1} -$	$y_i(x_{i-1} -$
	x	y	$-y_{i-1})$	$-x_{i+1})$	$y_{i-1})$	$-x_{i+1})$
1	1273.41	2248.62	+509.47	+910.37	+618 196	+2047 076
2	724.28	2261.14	-595.81	+1106.57	-431 533	+2502 110
3	106.84	1652.81	-1411.79	+301.17	-150 836	+497 777
4	423.11	849.35	-1014.40	-1304.01	-429 203	-1107 561
5	1410.85	638.41	+902.32	-1211.54	+1273 038	-773 459
6	1634.65	1751.67	+1610.21	+197.44	+2632 130	+335 850
			0	0	+3511 792	+3511973

所以 $P = 1755896$ 平方公尺 $\Rightarrow 17558.96$ 公畝 $= 175.5896$ 公頃

12-4 定極求積儀

求積儀有很多種形式，最常用的一種是定極求積儀。圖 12-5 所示的就是定極求積儀。它有兩個臂，極臂 A 和航臂 B。在極臂的一端有一個較重的圓柱體，里面附一個短針 O（圖 12-6）。使用時，短針藉助于圓柱的重量刺入圖紙，固定不動，所以稱為求積儀的極點。極臂的另一端附有球頭短柄 b，短柄 b 插入航臂的圓孔 b' 內，這樣就把極臂和航臂結合起來，

但極臂可以繞軸 $x-x$ 轉動。在航臂的一端裝有航針 f ，使用求積儀時，航針繞圖形的輪廓綫航行。爲了工作的方便，以及不使航針繞行時刺破圖紙，在航臂的這一端，還附有手柄 c 和支柱 h 。一般可以用制動和微動螺旋來調節航臂的長度。

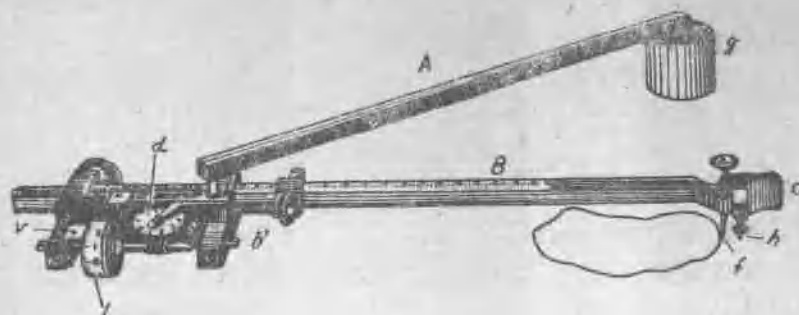


圖 12-5

在平行于航臂的軸上有一小輪 L （圖 12-7），輪上有分劃，每一分劃等于一周的百分之一。小輪在圖紙上滾過的讀數可用輪旁的游標驗出，驗到每一分劃的十分之一，超過一周的讀數記在小圓盤 d 上。



圖 12-6

根據求積儀繞圖形轉一周後小輪上的讀數差，就可以計算面積。當極點在圖形之外，讀數

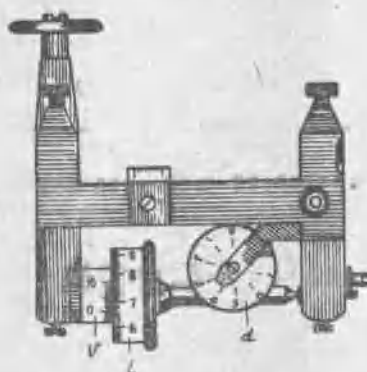


圖 12-7

差乘一個常數就得面積。當極點在圖形之內，讀數差應先加一個常數，再乘另一個常數。

12-5 定極求積儀的原理

設用定極求積儀確定圖 12—8 所示的一塊面積。從這個圖所表示的情況來看，航針從圖形的輪廓綫上一點繞行一周後，航臂（從航針到圓孔 b' 的中心一段）所掃過的面積加極臂所掃過的面積就是要量的面積。現在讓我們來找出這個面積的式子，它和小輪上的讀數有什麼關係？

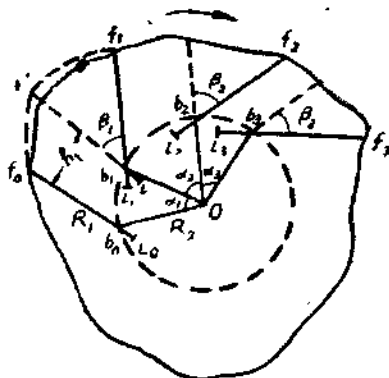


圖 12—8

假定小輪在接合點的後面，仍舊用 L 表示小輪。當航針從 f_0 移到 f_1 時，極臂，航臂的位置各從 Ob_0, b_0f_0 改變到 Ob_1, b_1f_1 。可以把航臂的移動看成先平行移動到 b_1f' ，然後繞 b_1 轉一個角 β_1 到 b_1f_1 。從圖上看出，這樣掃出的面積和實際面積有一些差別。但當 f_1 很接近 f_0 時，這個差別很小，我們可以使 f_1 無限的接近 f_0 直到差數接近于零，這時 $b_0f_0f'_1b_1$ 也很接近一個平行四邊形。採用註在圖 12—8 的符號，我們可求得 $Ob_0f_0f'_1b_1$ 的面積 P_1 ：

$$P_1 = Ob_0b_1 \text{ 的面積} + b_0f_0f'_1b_1 \text{ 的面積} + b_1f'_1f_1 \text{ 的面積}$$

$$= \frac{1}{2} R^2 \alpha_1 + R_1 b_1 + \frac{1}{2} R_1^2 \beta_1,$$

式中 α 和 β 是以弧度表示。

當航臂平行移動時，小輪向右滾過的距離是 b_1 。當航臂繞結合軸綫轉動 β_1 角時，小輪退回 $r\beta_1$ ，此地 r 是小輪離結合軸綫的距離。航針從 f_0 移動到 f_1 時，小輪總共走過的距離 $l_1 = h_1 - r\beta_1$ ，即 $h_1 = l_1 + r\beta_1$ 。把此式代入 P_1 公式中的 h_1 ，我們得：

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{1}{2} R^2 \alpha_1 + R_1(l_1 + r\beta_1) + \frac{1}{2} R_1^2 \beta_1 \\ &= R_1 l_1 + \frac{1}{2} R^2 \alpha_1 + R_1 r \beta_1 + \frac{1}{2} R_1^2 \beta_1, \end{aligned}$$

式中 R_1 , R_2 及 r 都是常數。

航針從 f_1 移動到 f_2 時，

$$P_2 = R_1 l_2 + \frac{1}{2} R_2^2 \alpha_2 + R_1 r \beta_2 + \frac{1}{2} R_1^2 \beta_2。$$

同樣

$$P_3 = R_1 l_3 + \frac{1}{2} R_2^2 \alpha_3 + R_1 r \beta_3 + \frac{1}{2} R_1^2 \beta_3，$$

.....。

相加得

$$\begin{aligned} \text{總面積 } P &= R_1(l_1 + l_2 + \dots) + \frac{1}{2} R_2^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots) \\ &\quad + R_1 r (\beta_1 + \beta_2 + \dots) + \frac{1}{2} R_1^2 (\beta_1 + \beta_2 + \dots)。 \end{aligned}$$

1. 當極點在圖形內，航針繞圖行轉一週後， $(\alpha_1 + \alpha_2 + \dots) = 2\pi$ ， $(\beta_1 + \beta_2 + \dots) = 2\pi$ 。用 l 代表小輪滾過的總距離，我們有：

$$\begin{aligned} P &= R_1 l + \pi R_2^2 + 2\pi R_1 r + \pi R_1^2 \\ &= R_1 l + \pi (R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 r)^* \\ &= R_1 l + Q， \end{aligned}$$

式中 Q 代表 $\pi (R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 r)$ 。

2. 當極點在圖形外時， $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots = 0$ ， $\beta_1 + \beta_2 + \dots = 0$ ，
所以 $P = R_1 l$ 。

讓我們來看一下公式 $P = R_1 l + Q$ 中右面兩項的幾何意義。 $R_1 l$ 就是一個矩形的面積，它的邊是航臂的長度和小輪在航臂的垂直方向所滾過的距離， Q 是一個圓，稱為基圓，它的半徑等於 $\sqrt{R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 r}$ 。從圖 12-9 不難看出，當求積儀是這樣放着，當小輪的面通過極點時，從極點到航針的距離就是 $\sqrt{R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 r}$ 。顯然，航針在以極點為圓心，

*當小輪和航針在接合點 b 的同一邊時

$$P = R_1 l + \pi (R_1^2 + R_2^2 - 2R_1 r)。$$

以 $\sqrt{R_1^2 + R_2^2 + 2R_1r}$ 為半徑的圓周上移動時，小輪面總是通過圓心，小輪只滑動而不轉動，讀數不改變，也就是說， $l=0$ 。這種分析說明，讀數差給不出這塊面積，所以 P 的式子中應有這樣一項。

P 的式子需要改變一下，使它和小輪上的讀數聯繫起來。用 t 代表輪上讀數最後一位（小輪圓周的千分之一，用游標驗出）改變一個單位，小輪所滾過的距離，那末，小輪讀數從 m_1 改變到 m_2 時，小輪滾過的距離 $l=(m_2-m_1)t=nt$ ，此地 n 代表讀數差 m_2-m_1 。把 l 代入上式得，

$$P = R_1nt + Q = R_1t \left(n + \frac{Q}{R_1t} \right) = R_1t(n+q),$$

式中 $q = \frac{Q}{R_1t}$ ，稱為求積儀的常數。 q 的意義就是，面積 Q 包含 q 個 R_1t 那樣大的面積，也就是 Q 相當求積儀上多少讀數。 R_1t 代表航臂平行移動時，求積儀的讀數改變一個單位，航臂所掃過的一塊面積，稱為求積儀的分劃值，用 p 來表示。這樣，公式變成：

$$P = p(n+q) \quad (\text{極點在圖形之內})。$$

當極點在圖形之外， $P = pn$ 。

從前面的公式可以看出，分劃值 p 只決定于航臂的長度而不受極臂的長度的影響，但常數 q 決定于航臂的長度和極臂的長度。

12-6 定極求積儀的檢驗

在使用求積儀之前，必須檢查求積儀是否滿足下列各條件：

1. 求積儀的小輪應該在軸上自由轉動。首先，游標和小輪不應彼此摩擦，但也不應有很大的空隙，可以用極薄的紙片試驗一下。其次，小輪軸在軸承內不應太緊或太鬆。這些都可用求積儀上的相應螺旋來調節。

2. 小輪的軸應和航臂平行，也就是通過小輪圓周的平面應垂直于航臂。檢驗時用兩個位置（圖 12-10）把航針繞圖形航行一周。一個位置是航臂在極臂之左，另一個是航臂在極臂之右。兩次所得的讀數差不應超過小輪上 2—3 個分劃。這種誤差可以用這樣兩個位置的量測來取消。當然，求積儀的常數也要用兩個位置求出。

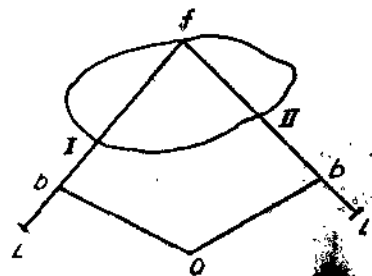


圖 12-10

12-7 定極求積儀的使用

首先要測定求積儀的分劃值 p 和常數 q 。在圖紙上畫一個面積已知的圖形，例如正方形，長方形或圓。把極點放在圖形之外，從一點開始，記下起始讀數。沿圖形輪廓繞行一周後，再記下讀數，並求出兩次讀數之差。這樣再做一次，如果兩次結果的相對誤差小於 $1/200$ ，就

取它們的平均值。把這平均值除已知面積就得分割值。

例如當極點在圖形之外，求積儀的航針沿 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 正方形面積繞行一周，始讀數 = 3837，終讀數 = 4837，讀數差 $n = 1000$ ，求積儀的分割值 $p = \frac{100\text{cm}^2}{1000} = 0.100\text{cm}^2$ 。

求積儀的分割值也可由紙上面積折合為實地上的面積，例如平面圖的比例尺為 $1:10000$ ，紙上 0.1cm^2 等于實地上 $0.1 \times (100)^2$ 平方公尺或 0.1 公頃。

把極點放在圖形內，同樣求兩次讀數差的平均值 n_2 。用 n_1 代表極點在圖形外時所得的兩次讀數差的平均值。對於同一個圖形，我們有：

$$P = p(n_2 + q), \quad P = pn_1,$$

所以

$$p(n_2 + q) = pn_1,$$

即

$$q = n_1 - n_2.$$

這就說明兩次讀數差就是常數 q 。

我們也可以用兩個不同的已知面積的圖形，即 $P_1 = qn_1$ ， $P_2 = p(n_2 + q)$ ，式中 P_1, P_2 是已知的面積。從這兩個式子就可以求出分割值 p 和常數 q 。根據給出的讀數差，就可用適當的公式（決定于極點在圖形之內還是在圖形之外）求出要量的面積。

12-8 使用定極求積儀時應注意的事項

為了得到較可靠的結果，使用求積儀時應注意下列各事項：

1. 在測定面積時，要把平面圖放在很平整的桌面上或圖板上，圖紙展平後再固定在桌面上或圖板上。
 2. 根據圖的大小，決定求積儀的航臂之長。當圖形很小時。航臂長度就應該比較短。這樣就能得到較準確的結果。
 3. 極點應儘可能的放在圖形之外，這樣在計算中可不包括常數 q 。
 4. 在放置極點時，要預先用求積儀大概循繞圖形一周，以免在正式工作時遇到困難。同時二臂之間的角度應該儘可能地接近 90° 。
 5. 航針的起始位置必須取在圖形輪廓的這樣一個位置，當小輪開始繞行時是慢慢轉動的。
 6. 當航針繞圖形時，速度要均勻，而且要小心謹慎，以便更準確的求得面積。
- 面積的測定最好按兩個不同位置來進行（即第一位置航臂在極臂之左，第二位置在極臂之右）而取兩個結果的平均數。

12-9 薩維奇法

設要量圖形內各個別部分的面積（圖 12-11），而整個面積已用較精密的方法求得，以 P 代表。在這種情況下，我們可用薩維奇法，這種方法能給出較準確的結果。先用求積儀繞整個圖形航行一周（極點在圖形外），得讀數差 n ，然後繞行各個別部分，得讀數差 $n'_1, n'_2, \dots, n'_r$ 。

一般， $n_1' + n_2' + \dots + n_7'$ 不會等於 n ，這時就大致按 $n_1', n_2', \dots, n_7'$ 本身的大小改正，以

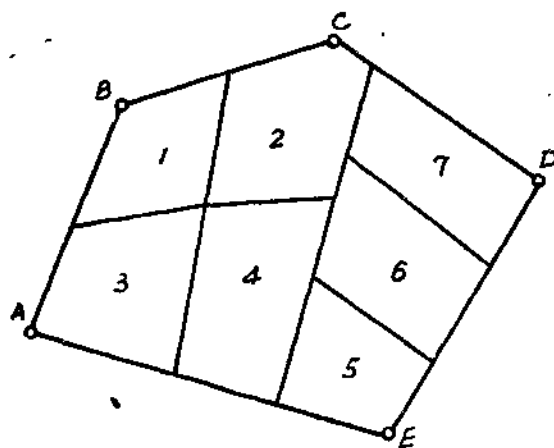


圖 12-11

$n_1, n_2, \dots, n_7$ 代表改正後的讀數差。各個別部分的面積 $P_1, P_2, \dots, P_7$ 就可以用下列各式計算：

$$P_1 = n_1 P / n,$$

$$P_2 = \frac{n_2}{n} P, \dots, P_7 = \frac{n_7}{n} P,$$

..... ○

用薩維奇法還可以避免圖紙變形的影響。

12-10 不同方法量面積的精度

在各種方法中，當然是解析法最為精確，精確程度決定于實測數據的精度或求得的坐標的精確度，要著採用的是什麼解析法；但這種方法比較麻煩。

圖解法精度較差，但比解析法簡便得多，特別是其中的方格法。計算概畧面積時可以應用圖解法。在圖上量出的長度包含最少有 0.02 cm 的誤差，由此而引起的求面積的誤差是容易估計的。一般認為方格法的精度是 $\frac{1}{50}$ 。其它兩種圖解法的精度是 $1/100$ 。

求積儀是最常用的方法，用來量任何一個不規則的圖形是很方便的。用求積儀所得的結果的精度決定于圖形的形狀和大小，對於小面積和狹長的面積不宜應用求積儀。實驗指出，用定極求積儀所得結果的誤差是， $0.03\sqrt{P}$ ， P 以平方 cm 為單位。以 $P=150$ 平方 cm 為例，誤差 $= 0.04\sqrt{150} = 0.37$ ，相對誤差 $= \frac{0.37}{150} \approx 1/400$ 。