

鐵路航空勘察技術匯編

(8)

地貌描繪及制圖

鐵路專業設計院航空勘察處編

人民鐵道出版社

目 录

地貌描繪

第一章 CTД-2 型立体量測仪的使用及其地貌描繪	1
§ 1. 概述	1
§ 2. 作業員应具备的条件及注意事項	1
§ 3. 操作程序和要求	2
§ 4. 航高及基綫的計算方法	4
§ 5. 左右視差較 ΔP 的計算	9
§ 6. 象片定向及其改正	9
第二章 地貌描繪及其調繪	14
§ 1. 描繪过程及方法	14
§ 2. 地形(标准)点之选择	15
§ 3. 接边	18
§ 4. 調繪	20
§ 5. 审校工作	21
第三章 利用反光鏡描繪地貌	22
§ 1. 概述	22
§ 2. 高程点的佈置	22
§ 3. 高程点的判断	23
§ 4. 高程点的內插	24
§ 5. 等高綫描繪	27

圖解地形平面圖的編制

§ 1. 准备工作	33
§ 2. 分帶糾正	45

地貌描繪

第一章 CTД-2 型立體量測儀的使用 及其地貌描繪

§ 1. 概 述

CTД-2 型立體量測儀的構造並不複雜，但精度頗高，能夠滿足大面積航攝制圖的要求，亦適合於鐵路航測利用微分法的帶狀測圖，能夠改正傾斜誤差。創造了航測微分法測圖。

利用 CTД-2 型立體量測儀描繪地貌對航攝照片的要求：航攝照片應當近似水平照片，其傾斜角度不得大於 3° 。航向重疊一般要求 60% 左右，但根據地面高差的大小，不得少於 55% 或大於 75%。旁向重疊一般在 40% 左右。象片影像的清晰與否，直接影響到成圖質量。象片反差要求最小，色調為灰白色，以有光紙和半無光紙最為適宜。象片尺寸為 18×18 cm，粘在厚度為 1.5~4 mm 的玻璃上（玻璃照片首先在暗室內進行粘貼而後曬干晒印，其變形不得大於 0.03mm）。

§ 2. 作業員應具備的條件及注意事項

航空勘察，特別是航空內業制圖，要求作業員必須具備以下幾個條件：

第一，視力正常，識別能力強，以保證所觀察之數據在允許誤差之內；

第二，兩眼視力應相同或者接近，同時眼基綫的距離不宜過寬或太窄，以免消弱立體感；

第三，对地形地貌概念清楚，并有一定的处理經驗。

視差尺数据讀数的准确与否，直接影响到成圖質量，兩次讀数之差不能大于 0.03 mm ，达到該精度必須經常鍛煉。为了便于練習，特提供以下几点注意事項：

1. 前額与面頰应密貼仪器之觀測系統。如戴眼鏡就会有些不便，甚至会影响精度。

2. 眼睛应保持接受象片的垂直光綫，即眼光要大致与象盤面垂直相交，否則所观察模型不真实（存在变形），視差尺讀数不可能达到所要求的精度。

3. 照准綫应当与地面（立体模型表面）正确相切，不得有切入或悬空現象。

4. 視差螺絲的旋轉要有規律，切勿太快。手、眼要配合，如二者配合不当，讀数就会出现誤差。

5. 因仪器过旧，机械部件發生松动現象，讀数时需要采用一面推的方法（移动总滑床使其照准綫永远由左而右或由右而左），如不采用此法，在同一个点上就产生誤差，甚至会超过允許誤差 0.03 mm 以外。

§ 3. 操作程序和要求

用微分法測圖时，外業所測控制点仅能滿足多倍投影仪置平的要求，而不可能滿足在立体量測仪上进行地貌描繪时定向的要求。因此必須在內業选定定向点，經多倍投影仪（或者其他方法）处理加密高程，而后进行定向描繪。所选之定向点以“十”表示，十字中心之点表示选点位置。点的編号写在符号的右上角，点的加密高程写在符号右下角，如：

十 $\begin{smallmatrix} 10 \\ 125.5 \end{smallmatrix}$ ，其符号与編号均用紅色顏料示出，鮮艳夺目，便于轉刺，并避免轉刺时遺漏。

定向方法和程序：以右象片的象主点或象主点附近的PK点（定向辅助点）为起始点（即第一点），以左象片的象主点或附近的PK点作为第二点，以第1点与第二点之间的分中线上适当的点为第三点，当采用逐渐接近法定向时所需点为7个，其分佈情况和标准位置如图1所示。

选点的要求除上述1、2、3点外，尚有下列几点：

(1) 1、4、6及2、5、7等点分别为一直线，允许误差 α 角为 $90^\circ \pm 3^\circ$ 。象对安置在仪器上配成立体后，基线 b 与仪器 x 轴平行。两照准线垂直于 x 轴。因此1—4、1—6直线和2—5、2—7直线基本上分别与左右照准线在一垂面上，

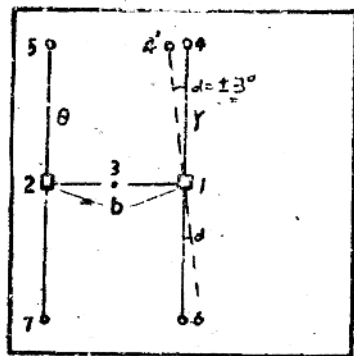


图 1

鳥瞰为重叠。改正4、6和

5、7点时，利用横校正机械 $\gamma(K_H)$ 和 $\theta(\rho)$ 角的摆动达到改正的目的，而 γ 、 θ 角的转动分别以1、2两点为旋轉軸。经过反复改正可达到定向的目的和要求。

(2) 1—4与1—6、2—7与2—5，其机械构造成为槓杆式，分别以1、2点为支点，改正时向相反方向运动（立体观察高低，平面看左右移动），所以说如果1—4与1—6、2—5与2—7误差近似时，容易改正（如果没有变形存在）。

(3) 各点的位置应处在明显地物附近便于轉刺和讀数，能够正确地求出該点高程，定向才能合乎要求。

(4) 1、2兩点处于平地最为适宜，但摄影时不可能象主点正落于平地，因此必要时（象主点不在平地时）仍需在

主点附近选择定向补助点。因为当利用多倍仪进行加密时，承受缩小片之固定玻璃片上有一黑点（象片中心点），该点之大小与构网图比例尺、投影器的焦距有关，因主点被黑点遮盖不能呈现立体，故不能求出准确高程。这个高程是决定地形形状的主要因素，要求精度较高，所以主点处在山坡或者影像不清的地方，必须选择定向补助点。

(5) 3点最好位于 $\frac{b}{2}$ 上，用来改正 $\Delta\alpha_x$ 。在垂直于 $\frac{b}{2}$ 的中线上可以适当地移动位置，但不宜过远，以免改正4、6与5、7点时受到影响。

(6) 1点与各点高差应为最小，由 $\Delta P = \frac{b \cdot h_i}{H_1 - h_i}$ 公式可知： $\frac{b}{H_1}$ 在每个象对上是常数 [b (基线) 允许误差为0.12~0.3mm, H_1 (对起始点的航高) 允许误差10~50m] 而 ΔP 与 h_i (任意点与起始点的左右视差较和地面高差) 成正比，即 h_i 愈大 ΔP 随着增长，误差就愈大，定向精度就会降低或难以定向。

(7) 4、6、5与7点应在框标线以内，框标线外影像变形较大，同时立体感较差。

(8) 如有较大水系 (有水的河流或大沟) 通过，则需选出一两点水边点，可利用该点高程，复核加密点的精度亦能作为河流水位内插之用。

§ 4. 航高及基线的计算方法

经过控制网加密得出有高程的照片，但在进行描繪以前需要确定绝对航高 H_0 和摄影基线 b ，其方法有二，

1. 用以下计算公式：

$$H_0 = A_1 + \frac{D}{d} \cdot f \cdot M + \frac{R}{D} \cdot h_2 \text{ (绝对航高公式)}$$

$$b = \frac{B}{H_0 - A_1} \cdot f \quad (\text{摄影基线公式})$$

具体求算法参阅表 1 和表 2。

该求算法需要数据较多，计算复杂，且易出错，现改用下列简易方法计算：

2. 航高(H_0)和基线(b)简易计算法：

本算法先求 b ，后算 H_0 。

(1) b 的求算法：通过立体量测确定 b 的长度，其方法如下：

① 将立体象对安置在立体量测仪上进行基线定向（右象片和左象片之间基线彼此重叠而且平行于 x 轴），配成立体。

② 照准线与 1 点，如图 2A 和图 2B 中的 O_1 （即起始点）相切。如起始点并非象主点，则移动总滑床，用右眼观察使其照准线对准右象片的象主点，而在 x 轴上读取一数为“ $\pm \Phi$ ”。

③ 视差尺不动，仅移动总滑床，用左眼对准左象片之象主点，即图 2A 和图 2B 的 O_2 ，在 x 轴上再读取一值为“ N ”。

则 $b = N - (\pm \Phi)$ （单位为 mm 取小数 1 位）

在图 2 上可以看出 $b = \frac{B}{H} \cdot f$

当第二步照准 1 点（即图 2 O_1 ）时，光线 S_1O_1 与 S_2O_1 相交于 A_1 之上；第三步，则光线 S_1O_1 和 S_2O_1 分别改变为 S_1O_2' 和 S_2O_2 。两光线相交于 A_2' 上（若 A_2' 较 A_1 低，则照准线在 O_2 之上于 O_2' 处悬空浮起，（如图 2A）。相反的照准线则切入地下于 O_2 处（如图 2B）。在视差尺不动，总滑床移动的过程中，在象片上的移动是由 O_1 到 O_2' ，其移动值为 $O_1O_2' = b$ ，在地球上测是由 A_1 到 A_2' （即 A_2 ），其移动值

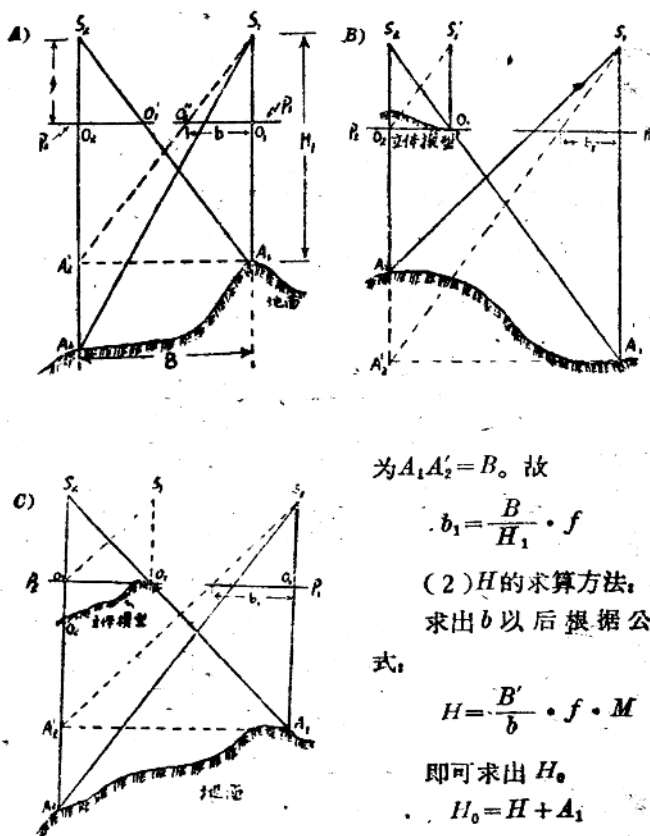


圖 2

仅空中三角网圖兩象主点的距离；

M 为底圖或空中三角网圖之比例尺分母；

f 为航攝机焦距；

A_1 为象主点的海拔标高。

該方法需要数据少，計算簡便，不容易出錯，經多次試

为 $A_1A_2=B$ 。故

$$b_1 = \frac{B}{H_1} \cdot f$$

(2) H 的求算方法；

求出 b 以后根据公

式：

$$H = \frac{B'}{b} \cdot f \cdot M$$

即可求出 H 。

$$H_0 = H + A_1$$

式中 B' 为底圖或多倍

驗，此法能够滿足任何比例尺的定向和描繪的精度。

§ 5. 左右視差較 ΔP 的計算

計算步驟

- (1) 根据 x 軸的讀数决定 b 的数值。
- (2) 决定起始点并計算出相对航高。
- (3) 計算各定向点与起始点的高差。
- (4) 根据 $\Delta P_i = \frac{B \cdot h_i}{H_1 - h_i}$ ，公式計算其值。

表 3 为立体量测仪上航攝象片定向手簿。

§ 6. 象片定向及其改正

CTД-2 型立体量测仪設有 6 种校正机械 (B 、 ΔF 、 γ 、 θ 、 γ_1 和 γ_2)，利用这六种机械，消除了由于航空攝影时外方位原素 (K 、 ΔH 、 α_{x_1} 、 α_{x_2} 、 α_{y_1} 、 α_{y_2}) 所引起的誤差，使象对上量测的左右視差，都符合于理論上的視差讀数。这一方法和过程总称为象片定向，簡称定向。

定向方法：采取七点定向的逐渐接近法（直接法），就是全部利用高程点定向，在定向过程中反复地撥动校正机械逐渐达到定向的精度和要求。这个方法的优点可省掉計算 $\Delta\alpha_x$ 、 $\Delta\alpha_y$ 和 ΔF 等数据，但一般來說定向時間較長。

改正的步驟：

- (1) 讀取起示点 (1 点) 的視差尺数值。
- (2) 移动 ΔF ，改正 2 点，使其讀数符合于理論讀数 (起始点讀数加上 2 点的 ΔP)。

$$\Delta F = \frac{F}{f} \left(f \frac{\Delta H}{H_1} - 2b\alpha_{x_1} \right)$$

- (3) 3 点之改正要在 2 点改正之后，如果 3 点不在基綫

上則需最后改正，改正方法有兩種：

①將差數（視差讀數—應得讀數）乘以3~5倍*（一般差數在0.10mm以內乘3倍，差數在0.11~0.20mm乘以4倍，差數在0.20mm以上乘5~6倍）；取其視差讀數與差數之代數和，作為3點的改正數，即3點的讀數加上3點的誤差乘3—5倍作為視差尺安置的數值，將改正數直接安置在視差尺上，撥動 β 角，使照准綫與3點相切，改正3點之後，需重新改正 ΔF （2點），再觀測3點的誤差是否在允許範圍之內，否則要反復進行改正。一般來講利用逐漸接近法一次至兩次可以達到改正目的（該方法是由蘇聯莫斯科工業運輸設計院里特威和阿那寧可夫等專家介紹的）。

②用下式直接計算 $\beta' = -1400000 \frac{\delta p_3}{b^2}$ 該公式可求得近似值。

表 4

基 綫 b (mm)	三點誤差 δp_3 (mm)	β' (分)	附 註
40	0.01	9	一般以0.01mm也 誤差4分
50	0.01	6	
60	0.01	4	
70	0.01	3	
80	0.01	2	

公式來源：由於外方位元素的影响而引起的左右視差應加改正數。

$$* \text{ 这是因为 } \delta p_3 = \frac{x_1^2}{f} \beta', \therefore \beta' = \frac{f}{x_1^2} \delta p_3 \times 3438.$$

$$F=100\text{mm}, x_1=30\text{mm}, \delta p_3=0.01\text{mm}, \text{因此 } \beta' = \frac{100 \times 3438 \times 0.01}{30 \times 30} \approx 4.$$

$$\delta_{p_3} = -\frac{x_3^2}{f} \Delta \alpha x \quad (1)$$

δ_{p_3} 是在摄影时由于像片在 x 方向相互傾斜 $\Delta \alpha x$ 角所产生的誤差，在量測左右視差时应加改正数，也就是 3 点的誤差改正数：

$$\text{但} \quad \beta = -\frac{F}{f} \Delta \alpha x \quad (2)$$

$$\text{即} \quad \Delta \alpha x = -\frac{f}{F} \beta$$

$$\text{將 } \Delta \alpha x \text{ 代入 (1) 式得 } \delta_{p_3} = -\frac{x_3^2}{F} \beta$$

$$\therefore \quad \beta = -\frac{F}{x_3^2} \delta_{p_3} \text{ (弧度)}$$

$$\beta' = -\frac{F}{x_3^2} \delta_{p_3} \cdot p'$$

式中 $p' = 3438$;

CTД-2 型 $F = \text{常数 (100mm)}$ 。

$$\text{第三点坐标} \quad x = \frac{b}{2}$$

$$\therefore \quad \beta' = -\frac{100}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \delta_{p_3} \times 3438$$

$$= -1375200 \frac{\delta_{p_3}}{b^2}$$

$$\therefore \quad \beta' \approx -1400000 \frac{\delta_{p_3}}{b^2}$$

[例] $b = 60.00\text{mm}$, 3 点誤差 $= -0.12\text{mm}$

$$\text{則} \quad \beta = -14000 \times \frac{-0.12}{60^2} = +47 \text{ (分)}$$

將 β 角機械直接撥在 $+47^\circ$ 處，重新讀取起始點讀數再定2點，在改正2點的過程中，3點也就恢復了正常位置，若3點誤差仍大於 $\pm 0.03\text{mm}$ ，如果不是影像不清，位置不在 $\frac{b}{2}$ 處或讀數不准，那麼就需要根據3點誤差求算 β 角數值，再進行定向。

改正3點時，首先應當考慮它所处位置，如在 b 附近，則按照該點進行定向；若位於4和5或6和7點附近，則需先改正4、6和5、7點而後改正3點。因為位置關係上一步驟的改正直接會影響下一步的改正，因此只有當4、6與5、7點正確無誤時，3點誤差之改正才能達到最後正確的數值。

(4) 4和6點之改正，僅按照理論讀數撥正 γ 機械即可。前面已經講過，該兩點成槓杆形式，一般來說其中任何一點安置妥當以後，另一點是應該符合理論數值的，否則兩者必有一錯，或者是起始點（1點）高程有錯。另外就是受其他因素的影響。

(5) 5和7點之改正與4和6點同，僅根據理論讀數撥正 θ 機械，即可達到改正目的。

在改正時應首先改正4和6兩點，而後改正5和7點。因為根據儀器結構，撥動 γ 角會影響到 θ 角。而撥動 θ 機械對 γ 機械沒有任何影響（系指定向點在標準情況下）。同時只有在 ΔF （2點）改正好的基礎上，才能改正5和7兩點。

至於 ΔF 、 β 、 γ 和 θ 等機械原理和性能請參閱“CTД-2型立體量測儀使用法”一書。該書為航測人員尤其是利用微分法測圖的技術人員必讀書籍。

“截面視差尺數據計算”

定向完畢之後，描繪之前要進行一次截面視差尺數據計算，
$$\Delta P = \frac{b \cdot h_i}{H_1 - h_i}$$
，即表示高差不同的視差尺數據差數。

一般計算計曲綫而首曲綫則進行內插。

復核方法：

$$\Delta P_{110} - \Delta P_{100} = +\delta_{p_1}$$

$$\Delta P_{120} - \Delta P_{110} = +\delta_{p_2}$$

$$\Delta P_{130} - \Delta P_{120} = +\delta_{p_3}$$

$$\Delta P_{140} - \Delta P_{130} = +\delta_{p_4}$$

.....

則 $\delta_{d_2} - \delta_{r_1} = +\delta_{p_1}$

$$\delta_{p_2} - \delta_{p_1} = +\delta_{d_2}$$

$$\delta_{p_4} - \delta_{d_2} = +\delta_{p_3}$$

.....

$$\delta_{p_1} \approx \delta_{d_2} \approx \delta_{p_3} \approx \delta_{p_4} \dots\dots\dots$$

如不符合這一規律證明在計算 Δ_p 的過程中有錯誤。

第二章 地貌描繪及其調繪

§ 1. 描繪過程及方法

地貌描繪需要經過一個繁雜的過程，要求作業人員對處理地形具有豐富的經驗和高度技巧，必須經常不斷地提高業務水平達到技術上更加熟練。

描繪過程：在業已定向完畢的立體模型上，根據各等高綫的高程截面視差數據，以照準綫與立體模型相切，所有切點的連綫即等高綫。等高綫不僅要求清晰易讀，還要求表示準確詳盡，以便使用圖紙者可迅速判定。不但如此，而且還要對地物的調繪根據各種比例尺的不同進行不同的取舍。這一工作就更需要作業人員具有相當高的技術水平和熟練程度。

描繪方法：採用由低到高的描繪方法，先繪計曲綫而後繪首曲綫。鐵路選綫所需要的地形圖與軍用地圖有所不同。

线路选线一般对河流兩岸比較開闊的地区对等高綫精度的要求較高，对山頂或者高山处（越嶺綫路除外）則精度要求較低。所以作業員在工作开始就应当描繪較低处和計曲綫，以保証所要求的精度，否則描繪時間較長，精力不足，精度或多或少会受到影响。要求地貌表示十分正确，就必须有正确的計曲綫作为控制。首曲綫在等高綫間距不大（指計曲綫）或地形坡度一致的情况下，可用內插法描繪。

进行描繪时，描繪技术不太熟練的作業員应当先用較軟鉛筆（2B）描繪，經檢查修改而后着色；技术熟練和描繪經驗丰富的作業員，則可直接着色。如果描繪时处理有誤，可用湿棉球擦去，重新处理。

为了易讀計曲綫和首曲綫，应当在色調、粗細上分开表示。

描繪完畢，作業人員应亲自檢查（包括：註記，檢查点，河流內插，地形地貌的表示等），个人認為無誤时方可取下象片。

描繪时注意事項：

- （1）描繪蔭蔽地区注意加入树高改正数。
- （2）应注意不能使校正机械受到破坏。
- （3）描繪时动作要灵巧輕放，接触右盤象片时切勿着力以免象片移动。
- （4）高程的改正应当詳加研究，确切判断，不得随意塗改。
- （5）視綫应保持与象面近似垂直，以得到正确等高綫。

§ 2. 地形（标准）点之选择

地形（标准）点之作用：

- （1）容易判讀等高綫；