



法圖製片空中

中華民國二十年九月

廣東陸地測量局編印

空中底片製圖法目錄

第一章	空中交會攝影製圖法之概要	1-3
第一節	檢定立體像之方位	1-2
第二節	攝影比例尺之安置	2-2
第三節	立體像之旋轉	2-3
第二章	確定空中垂直攝影之元素法	3-9
第一節	檢定一對底片關係的位置	4-5
第二節	比例尺之安放	5-9
[第一]	未明立體像之大概真位置	5-6
[第二]	立體像之旋轉	6-9
第三章	空中傾斜攝影底片關係位置之檢定及其安放	9-12
第四章	空中底片製圖法	12-22
第一節	檢定一對底片關係的位置	12-17
[第一]	垂直攝影	12-16
(甲)	概定位置	12-13
(乙)	平面旋轉角之檢定	13-13
(丙)	交會角之檢定	13-14
(丁)	偏移角差傾角及航差角之檢定	14-16

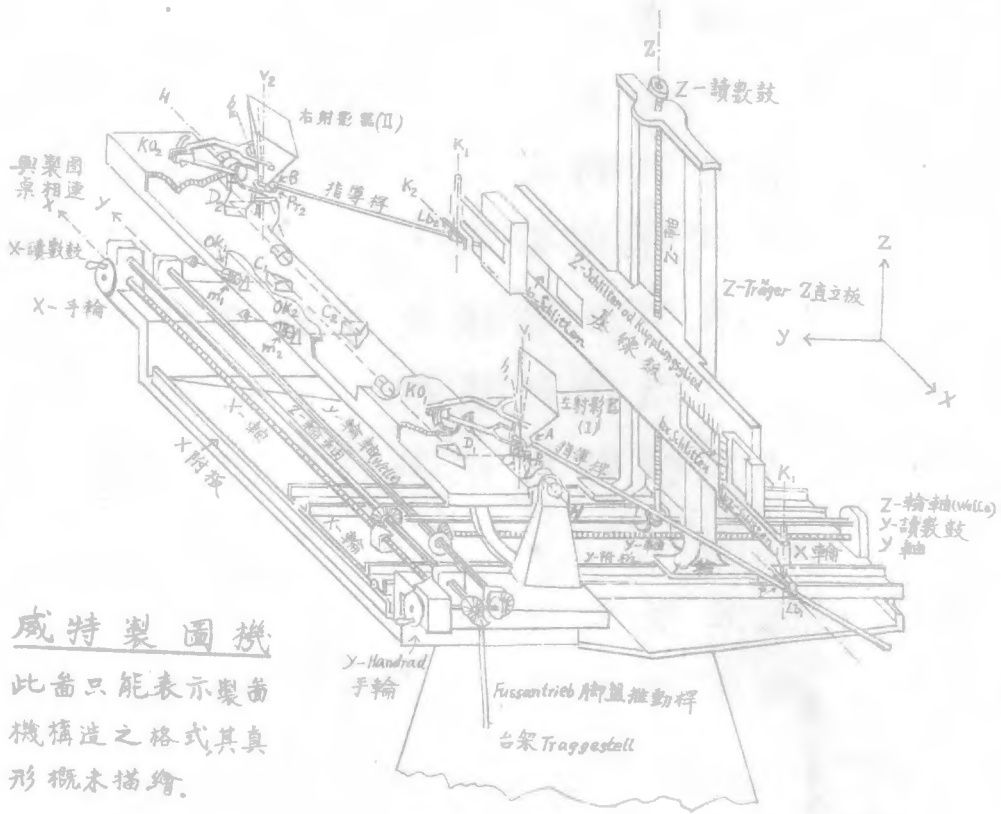
[第二] 傾斜攝影 16-17

第二節 底片平面與地面關係之檢定 18-22

第五章 威特空中手提攝影器之攝影 22-25

第六章 威特手提攝影器之坐架 25-26

附 圖



威特製圖機
此圖只能表示製圖
機構造之格式其真
形概未描繪。

- | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| H-H | 製圖機主軸 (Hauptachse des Autographen) | K ₀ , K ₂ | 糾正器 (Korrektionsvorrichtung) |
| V ₁ , V ₂ | 直立軸 (Stehaxe) | Pr ₁ , Pr ₂ | 射影器三稜鏡 (Kameraprisma) |
| h ₁ , h ₂ | 傾斜軸 (Kippaxe) | A, B | 指導桿之軸心 (Lenkerdrehpunkte) |
| OK ₁ , OK ₂ | 視察接眼鏡 (Beobachtungskular) | Lb ₁ , Lb ₂ | 指導桿軸承 (Leukerbüchsen) |
| m ₁ , m ₂ | 測標 (Messmarke) | C, D | 折光三稜鏡 |

序

自科學發達工業革命而後一切事物莫不由手工業而趨於機器工業科學之進步愈速則機器之構造愈精凡賴機器以經營之事業亦由此而獲長足之進展近代發明航空測量即科學進步機器精良之效果亦即測量事業由手工業而進於機器工業之一大關鍵也歐戰時陣地航空攝影卓著成效迨戰事告終更利用戰時攝得之空中照片編製地圖其精度之優越迥異尋常而時間物力尤屬經濟於是各國遂相率採用航空測量以製造地圖吾國開辦測量已二十餘年至今全國地圖尚未測竣雖因連年時局不靖影響業務進行而亦測量方法未能改良盡善之所致也現值國家新造國難方殷舉凡軍國要政以及一切建設大計需要測量者甚多若非利用新發明之航空攝影測量方法以促進測量效力殊不足以負此重大任務而迅赴事功此全國測政同人所同聲公認者也近年吾國當局有見及此爰於南京開辦航空攝影測量研究班本局選派職員十餘人前往肄習現均畢業回粵服務擬即訂定計劃呈請組織航空測量隊以施測本省地圖惟事當初始而此項測量學術吾國尚無專書亟應先行編譯俾社會人士共同研究以期普遍了解

成為羣衆常識庶使將來開辦得藉羣策羣力克底
於成爰飭局內同人將此項書籍擇要編輯計先行
編就實用攝影測量學地面攝影測量學攝影測量
學概要攝影測量儀器之構造及使用法簡易航空
測量學空中底片製圖法製圖機改正法七種呈奉
主管機關核准撥款付印藉供衆覽自維學識謏陋
難免疏舛之譏深望海內宏博是而正之鼎力贊助
俾吾國空測學術日益昌明空測事業於以發展以
達物質救國之宏願是則區區之期望也 中華民國
二十二年十月周其鏞序於廣東陸地測量局

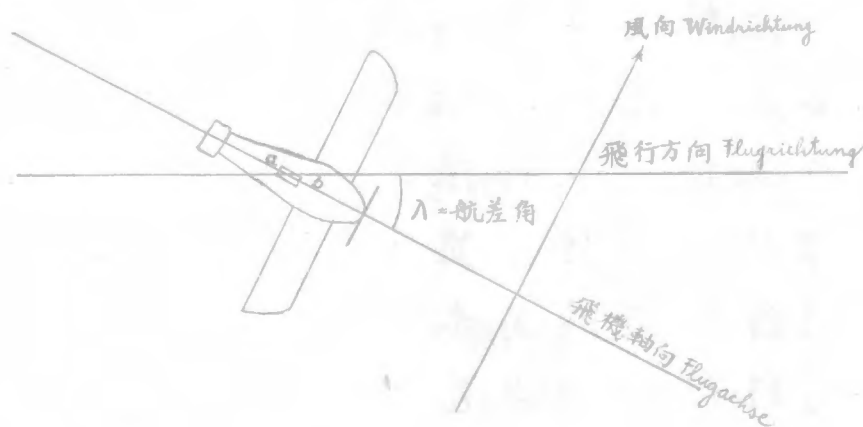
空中底片製圖法

第一章 空中交會攝影製圖法之概要

第一章 檢定立體像之方位

基線要素 (Basiskomponenten) b_x 及 b_y 不能直接安置。基線板對基線之位置，常含繞 Z 軸而旋轉之偏移角，故將大概之基線及偏移角安置於 b_x 及 b_y 螺子上 (b_x 螺子即基線螺子， b_y 螺子即偏移螺子)。此值可由計算得之，或由表中檢出，即為 b' 及 T 值，而放於製圖機上。若像片 $a-b$ 之方向與飛行方向不一致，則發生航差角，此航差角之誤差可由基線高程差螺子改正之。再觀察者於飛機上未完全改正航差角，則於 a 及 b 處尚明顯的發生旋轉角，此角安置於旋轉螺子上。射影器 A 及 B 上之旋轉角，於讀數鼓上得之。

第一圖



交會角 (Konvergenzwinkel) 安置於製圖機 B 射影器上，且位於 X 軸及光軸所含之平面中。既改正航差角後之交會角，與坐架上設定之交會角微有不同，蓋改正航差後之交會角，乃位於飛機軸向中之平面也。差傾角安置於右射影器上。若於製圖機上按下章檢定立體像關係位置之法，可自動讀出 b_x 、 T 、 b_z 及兩底片之交會角、旋轉角、差傾角諸值。而此等數值之精度，視製圖機各部改正之精度而定。基線比例愈大，則改正誤差之影響亦愈小。

第二節 攝影比例尺之安置

若立體像之關係位置既定，則可於此位置中檢查立體像與地面之關係，而改正其上下傾斜及左右傾斜。而基線要素 b_x 、 b_y 及 b_z 相當之變值，即可直接與兩控制點之水平距離較量而定出並安放之。或於製圖機上讀出兩既知點 X、Y、Z 三空間坐標之數值，而以商數 [真正空間距離 ÷ 製圖機空間距離] 乘各基線要素 b_x 、 b_y 及 b_z 之讀數值，及計算其相應之 b_x 及 T 之值 (或檢表) 而安置之。

第三節 立體像之旋轉

立體像於其關係位置中，未有精密旋轉之先，對於判定關係位置時，尚未完全改正之誤差，必須無影響於高程讀數，即誤差在許可界內。故基線比

例若小則至少必須有三個控制點為交會角基線要素與高程讀數檢定及改正之用。通常三個控制點既經足用，而由三點之高程讀數與實地高程之差及三點之坐標算出對 X 軸之旋轉角（即上下傾斜角 β ）使兩射影器對 X 軸有同樣的上下傾斜（計算公式詳第四章）。但於此旋轉時 ω_1 及 ω_2 不同旋轉。故此兩值有變，須計算 ω_1 （即 T ）及 ω_2 等值（或檢表）而安置之。

立體像對於地面之關係有左右傾斜 ρ ，則其改正與繞 Z 軸之旋轉相當，即兩射影器對 Z 軸而旋轉（其說明參看第20頁）。此時 ω_1 及 ω_2 兩值亦同其旋轉。對 Z 軸而旋轉之左右傾斜，新式儀器安放於空中測站高程差螺子上。 ω_1 及 ω_2 兩值尚須隨偏移角讀數 T 而變。此外攝影時航線方向迎風為佳，以減少航差角。

第二章 確定空中垂直攝影之元素法

上章所述空中攝影底片之檢定，其具備條件為基線比例約1:5。飛機高度高於地面2000m以上，且每一對底片假定有四個控制點，其中最少須有兩點位置明顯者。

基線比例1:5者，不能利用高程視差之作用，以檢定立體像之關係位置。此外尚須注意者，若由

製圖機兩射影器之結像誤差而成之視差為 0.2 mm 。遂因此於一定基線比例之基線方向中發生 12 m 之高程誤差則此差可不再改正。此結像誤差若製圖機精密改正時於像片之四個角上僅為 0.02 mm 而依法計出之描繪誤差不過 0.01 mm 而已。

第一節 檢定一對底片關係的位置

檢定一對底片關係的位置之先假定大概之基線及飛機高度為既知。

(一) 底片之安放用其橫標 a 及 b 。

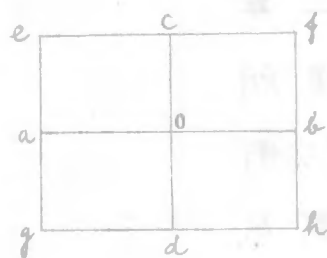
(二) 於 Y 讀數鼓安放大概之飛機高度。

(三) 安放大概基線 b' 。

(四) 安置之直立板之高程數等於一控制點高程之處(約在底片中央之點)。

(五) 以左接眼鏡之測標對準此控制點，次轉動交會螺子 (Konvergenzschraube) t 及 p (曲線板螺子) 使右接眼鏡中之測標在過控制點之垂直線中 (p 對於 t 之精確值自表中檢得之)。

第二圖



(六) 轉動差傾螺子，以消去左接眼鏡中之上下

視差。

(七) 於 a 及 b 處用射影器 A 之旋轉螺子改正其旋轉角。此改正最先僅能概略改正。若 a 及 b 偏移角愈大，則此改正愈不精確。

(八) 於中點 O 精密改正其上下視差(用 h 螺子)後於 c 或 d 處用偏移螺子 T 改正其上下視差。

(九) 先於 e 或 f 處(或 g, h)之上下視差，以交會螺子 t 及 p 消去之。但此改正對於 c 及 d 之上下視差發生影響，因 Y 值由偏移之改正而有變更也。故於 e, f 改正之後必須再移回中間，用偏移螺子 T 改正其主點之上下視差。

(十) 若 a, b, e, f 無上下視差，而因差傾角之改正未確實，則於 d 處復發生上下視差(在 g, h 處之情形亦大約相同)。蓋 c 及 d 兩處偏移角之影響於上下視差為不同符號，但對於差傾角，則為同符號。故於 d 處之上下視差以偏移螺子改正一半，再以差傾螺子改正其他一半十六倍之值(即為 $(\frac{\text{焦點距離}}{d-O \text{ 之距離}})^2$)。後以高程螺子 h 改正其餘之上下視差。如此再三改正之，至完全無上下視差。

(十一) 再檢查立體像上諸點有無上下視差而改正之。

第二節 比例尺之安放

[第一]未明立體像之大概真位置。

(一)計算兩已知點之空間距離 D (或圖解定之)。

(二)於製圖機上讀出 x, y, z 對此兩已知點之數值，并按選定之變換比例化算各讀數值。

(三)確定於製圖機坐標軸上之空間距離 D' 。

(四)求出 $\frac{D}{D'}$ 之數值，再以檢定底片關係位置所得之基線要素 b_x 及 b_y 乘此商數 $\frac{D}{D'}$ (b_x 及 b_y 由 b' 及 T 表中檢出)。

(五)將 b_x 及 b_y 依(四)再計算出之新值 b' 及 T 安放於製圖機上。

(六)若已知立體像之大概真位置，則依檢定底片關係位置之法安置之。其長處則在不計測空間距離而可互相比較其機桌間之水平距離。

[第二]立體像之旋轉 (Die Drehung des Raummodelles)

攝影時於坐架上，僅可知立體像之大概位置，而真實位置則全無報告，故必須旋轉立體像由高程讀數推出之。

(一)對準 A, B 及 C 控制點之立體位置並於 Y 讀數鼓上讀得其各個之高程 h 。由 $H-h$ (H 為控制點實測高程) 之差值得其每個之改正值 Δh ，復計算 Δh 對於過 A, B 點之縱線及橫線與三角形兩邊之交點 M_1 與 M_2 之值 hm_1 及 hm_2 (參看 20 頁公式之解釋)。

(二) 計算 δx 及 δz 之正切

$$\operatorname{tg} \delta x = \frac{hm_1 - \Delta h_1}{m_1}$$

$$\operatorname{tg} \delta z = \frac{\Delta h_2 - hm_2}{m_2}$$

(兩式之證明參看 20 頁，其 β 即 δx ， ρ 即 δz)。

由控制點 A、B 及 C 之高程誤差，可得出投影平面 (Projektionsebene) 對於製圖桌平面之位置，即上下傾斜 δx 與外部偏移 δz 之方向。製圖機之旋轉方向同於製圖桌平面於投影平面中之旋轉，但亦宜注意空中攝影其在製圖機上之 y 、 z 軸不一定如製圖桌上者一樣正確。故宜注意下之法則：

製圖機之上下傾斜 δx 之方向與在製圖桌平面中投影平面之反旋轉相同。若左邊高程過大，則於製圖機上之外部偏移 δz 亦向左。(亦如地面攝影測量之偏移改正法則，左邊太長則向左偏移。)

(三) 基線要素 b_y 及 b_z 之變值，依下式由 δx 繞 x 軸之旋轉以定之。(下式原文無證明)

$$b_{y_2} = b_{y_1} \cos \delta x - b_{z_1} \sin \delta x$$

$$b_{z_2} = b_{z_1} \cos \delta x - b_{y_1} \sin \delta x$$

或旋轉角甚小

$$db_y = -b_z \cdot \Delta \delta x \frac{1}{\rho} \quad \text{及}$$

$$db_z = +b_y \cdot \Delta \delta x \frac{1}{\rho}$$

此處 δx 、 b_y 及 b_z 諸值，依其各相當符號代入式

中而按符號之正負安置於製圖機各相應之讀數鼓上。

(四) b 新值及以前的 b 值須變為 b' 及 T 之值，放於製圖機上(看表)

(五) 確定 T 讀數鼓上對於 b 旋轉之 T 值宜注意偏移之旋轉方向及原有的內部偏移。

(六) 安放旋轉值 b 及 b' 於製圖機相應之讀數鼓上，並安放 b' 、 T 及 b 諸值。

若交會角因基線較小，未能精密定出時，則立體像之旋轉依此三個任意分配之點不能得其真位置。若三點中有二點在 X 軸方向中方能得出。設無如此之控制點，則對於基線比例較小者，於立體像旋轉之先，必須檢查交會角，即以三個約同在 X 方向中之控制點之讀數檢查之。若證明此三點之高程誤差與 X 值不成比例，則可決定其為交會誤差。此種交會誤差之改正，無影響於一對底片關係位置之檢定，但亦宜注意既改正之比例尺，不能再有變更。

於改正交會角之先，精密對準一明顯點之立體位置。次改正交會螺子一定之值，安置 b' ，再對準同點之立體位置，則其兩次在 Y 軸上之讀數相同。此種 b' 之改正，必須避免比例尺之變動，故 b 及 b'

與 T 之值均宜同時與 b' 變值成比例而改正之，方不致發生立體像之方位變化。

但若交會誤差甚小，則 b' 亦無大變動。由上之改正，可知基線過小之空中底片安放較諸適當之基線比例者需時較多。

第三章 空中傾斜攝影底片關係位置之檢定及其安放。

觀測者可知下列大概之數值，如基線、飛機高度及攝影大概之傾斜角。攝影比例尺則由觀察者直接知之或參考地圖得之。

傾斜攝影常固定其大概旋轉角，但旋轉角甚大，亦有影響於其關係位置之檢定，若在 $1'$ 以內則無顯著的影響。

傾斜攝影檢定底片關係位置之普通方法如下：

(一) 安放底片以縱橫標為之。

(二) 既知之基線概長按比例尺及機桌間比例安置之。

(三) 安置大概之飛機高度對準一點，轉動交會螺子 t 及 p ，至兩測標在兩底片之同一點上。

(四) 於主點 H_p 之視差用 b 螺子改正之，左邊或右邊距離，以偏移螺子 T 改正之。

(五) 旋轉角於射影器 A 改正之，但亦關乎飛機高度之若何，故或在 B 改正之。

(六) 指導桿水平及傾斜時，各使測標對準相同之一点，但 x 及 z 不可有大變動，距離則宜變動甚多。水平時之視差以螺子改正之，差傾則依下之距離公式改正之。（下式中 E_1 、 E_2 為第一次及第二次對準一点之距離）。

$$y = \frac{E_2}{\Delta E} \quad \Delta E = E_2 - E_1$$

設此式中 $E_1 = 4 \text{ km}$ 及 $E_2 = 10 \text{ km}$ ，則

$$y = 10\% = 1.7 \text{ 為改正最大值}$$

經此改正後所發生之上下視差，以螺子改正之。

(七) 傾斜近真值宜盡量安置之，使於指導桿水平時可對準一点，而消去此点之水平視差。再於 x 零位置中及指導桿傾斜時測標在前景像中之上下視差以偏移螺子 T 改正之。於此改正之先，亦可依 (六) 改正之，即指導桿水平時，上下視差以螺子除去之，其左右兩邊之上下視差，即為交會誤差也。

(八) 於 (七) 之位置，左右兩邊檢查其交會角並改正之。

(九) 依次對準三個控制点，並讀出各數，圖紙亦概定其方位。

(十) 對 X 軸及 Y 軸之旋轉角大概定之，兩射影器之平面旋轉之改正宜注意旋轉角之差及 (七) 項之交會改正。若左邊過高，則射影器 B 之平面旋轉為正。

(十一) 自 (五) 至 (八) 之手術，再做一次，安置固定之傾斜角。

(十二) 交會及偏移之改正，同時須依平面上基線之變值 (平面上 y 值太小，則交會角亦縮小。)

若圖紙之定位於製圖筆左邊缺少近距離之第三點，則向左偏移以定之，反之亦然。

基線之變值全由經驗定之，直至各點位置全與圖上相合為止。其法先對準一點之立體位置，次改正交會角，再由基線之改正，使測標對準原點，及至與圖上位置相近時，則用計算法以求出基線之改正值，如前章之空中垂直攝影。

(十三) 基線改正，如空中垂直攝影同樣為之。

(十四) 對 X 軸及 Y 軸必要之旋轉，用高程讀數如空中垂直攝影同樣求得之。

(十五) 安置此旋轉於製圖機上，此旋轉無影響於平面圖，因僅為甚小之角度也。安置上下傾斜時， b' 及 T 之值亦如空中垂直攝影計其變值而安放之。對 Y 軸之旋轉，可直接作為平面旋轉安置之。

不用再有其他之改正。

(十六) 旋轉改正後檢查各控制點之高程讀數。

對於旋轉改正，宜先計算 α 及 β ，再以 α 之新值與從前的 α 值再計算 γ 及 T 之變值（普通 T 之變化甚少）。兩射影器之旋轉，影響於差傾及 α 值頗大。此種安置甚易由經驗熟練之。

第四章 空中底片製圖法

第一節 檢定一對底片關係的位置

空中底片製圖之先，必須檢定製圖機上兩射影器之關係位置，即確定兩射影器關係位置之一切要素，如平面旋轉角、交會角、偏移角、差傾角及基線高程差（航差角）等在製圖機上之讀數。務使全無視差發生而形成立體像。其次與製圖桌上控制點之位置相比較，而由其高程讀數計算各改正值。

對於上述檢定底片關係位置之一切讀數值，可以經驗之方法，察看其測標之上下視差以定之。故於製圖機上施以適當之視察，可定其任一所求之要素，且可讀出其正確之數值，其動作依下次序為之。

[第一] 垂直攝影

(甲) 概定位置

(一) 定製圖機變換比例及安放底片於製圖機

上。

(二) 安放大概之基線，其概長由飛機速度及連續攝影之時間計得，按比例尺及變換比例縮之。

(三) 安放飛機距地面大概之高度於 Y 讀數鼓上。

(四) 安放於底片中央任一控制點之高程於 Y 軸上。

(五) 安放大概交會角及相應之 P 值於曲線板，同時使測標對準控制點，上下視差由螺子改正之。

(乙) 平面旋轉角之檢定

(一) 傾斜置於零度指導桿使之水平，如有視差由交會及偏移螺子消去之。

(二) 對準底片主點附近之一點，此處旋轉角之作用最少。

(三) 此點如有視差，以基線高程差螺子消去之，高程及差傾對此不甚要緊。

(四) 移動 X 軸至底片最外之一點，但 Y 不能再有變動，此處旋轉角之作用最大。

(五) 於最左或最右一點之視差，即為平面旋轉之誤差，故用左或右射影器之旋轉螺子改正之，如此反復為之至完全正確。

(丙) 交會角之檢定

(一) 指導桿由水平而傾斜，至兩射影器之底片之最上邊或最下邊，偏移角之視差作用同時有之。

(二) 對準最上邊水平線中央之一點，此處交會角之視差作用最小。

(三) 以螺子或差傾螺子消去此點之視差，差傾角及航差角對此不甚要緊，但Y軸不再變動。

(四) 移動X軸至底片上左角或右角上之一點，此處交會角之視差作用最大。

(五) 於底片左角或右角上發生之視差，即為交會角未改正之誤差，改正時最先宜注意左接眼鏡中測標何一邊較低或較高，且其大小如何，而以交會螺子，按其大小，向正或負方向轉動之，再檢新 p 值安置於曲線板，如是反復改正其左右兩邊之視差，其中應注意者，交會螺子應轉向何方及轉動若干。

(丁) 偏移角、差傾角及航差角之檢定

此檢定之方法，按其地為平地或為山地而有不同。

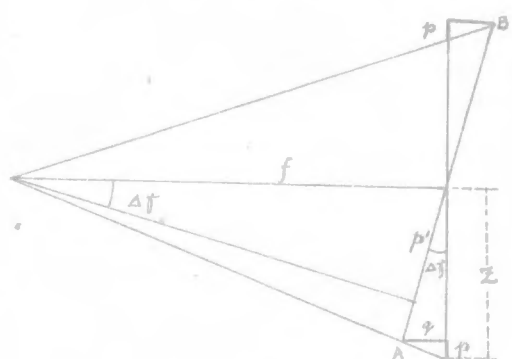
(一) 對於平地者

於底片上邊或下邊發生之上下視差，以偏移螺子改正一半，其餘以差傾螺子改正值（即他一半）

之十六倍改正之，再以促螺子除去其視差。

下圖為主軸及底片主縱線之縱剖面。兩邊斜線為至底片上邊或下邊一點之光線。此點對於此光線須無視差發生。今於下圖 p 為改正上邊或下

第三圖



邊偏移角後之上下視差 p' 即為 p 之十六倍之改正值也。 f 為焦點距離。

斜線 AB 為除去一切視差後底片之位置。 p' 之確定有下之關係。

$$\frac{q}{p} = \frac{f}{z}$$

$$\Delta\delta = \frac{q}{z} = p \cdot \frac{f}{z^2} = \frac{p'}{f}$$

$$p' = \Delta\delta \cdot f = p \cdot \frac{f^2}{z^2}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{因 } \tan \Delta\delta = \frac{q}{z-p} \text{ 即作} \\ \Delta\delta = \frac{q}{z} \end{array} \right]$$

f 約為 160mm ， z 平均為 40mm ，故以視差值 p 乘以 $[\frac{160}{40}]^2 = 16$ ，即改正值 p' 為視差 p 之十六倍也。

(二) 對於山地者

(A) 偏移角之檢定

(a) 安置推測的傾斜角。此角與偏移角有關。

(b) 誘致指導桿於零位置(水平)。此處偏移角之視差作用最小。

(c) 以高程差螺子或差傾螺子對準一點(此處高程差及差傾無關係要) Y 軸不再動。

(d) 移動指導桿觀察底片之上邊或下邊。此處

偏移角之作用最大。

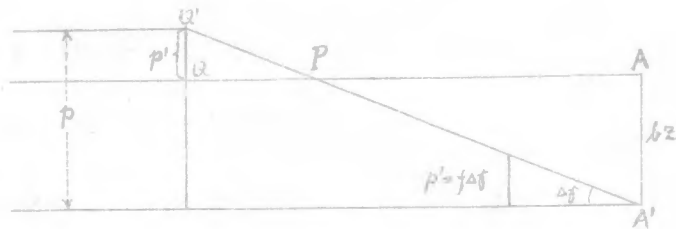
(c) 指導桿傾斜時發生之視差，即表偏移角不正確，乃以偏移螺子改正之。

(B) 差傾角及航差角之檢定。

先對準最近主點之一點，其上下視差以如螺子或差傾螺子消去之。

消去起因於差傾角及航差角之上下視差，其法如下：

第四圖



A 點因含航差角，則變為 A' 點
Q 點因同時含航差角 (AQ) 及差傾角 (QQ') 而移位於 Q'

自 A 處移至遠隔之任一點 Q，而發生 p 之視差，則此視差表示含有差傾角及航差角，乃以差傾角之倍數改正值 $p' = p \frac{PQ}{AQ}$ ，及如螺子消去之。

但 p 值乃由估量 AQ 之值而得者，故視差檢查一次，尚未完全，須反復改正以消去之。

差傾角改正以後，復有視差發生，則再改正偏移角。最後各要素均既確定，則全片均無視差發生。惟普通而論，雖經精微改正，尚有小誤差，必須再三反復改正，使其誤差小至不再影響製圖精度。

(第二) 傾斜攝影

傾斜攝影之安置底片及檢定如下：

(一) 安放基線及交會角，基線縮尺之選定，不宜完全照後景(遠距離的)或前景(近距離的)而安置之。

(二) 平面旋轉角之檢定如垂直攝影。

(三) 交會角之檢定如垂直攝影。

(四) 差傾角及航差角之檢定。

(a) 導指導桿於水平(偏移角對於此處之上下視差無影響)。

(b) 由傾斜以對準後景之一點及前景之一點(兩點 X 值之相差宜小)但兩點不必同在一垂直線上。

(c) 較近之點以鉸螺子消去其視差。

(d) 最遠之點之上下視差，以差傾螺子之改正值乘若干倍而改正之，再以鉸螺子消去視差。(倍数之改正值如上垂直攝影之山地照片同樣計之)。

(五) 偏移角之檢定

差傾角既改正後，可使指導桿傾斜，用偏移螺子以除去其上下視差。但此改正亦如垂直攝影須反復改正之。惟此處改正其一定之誤差，其法較為特別。如對準適宜之點，不能再變 Y 之位置，則於指導桿水平時，由光儀部之旋轉以對準之，或由偏移

以誘致之。而指導桿傾斜時對準適宜之點，亦可由一定之偏移角以誘致之（傾斜攝影差傾角之檢定亦然）。

第二節 底片平面與地面之關係之檢定

若兩底片既檢定其關係的位置後，則可移寫立體像於製圖桌之圖紙，而最先須以數學法精密的檢定底片平面與地面之關係位置，但亦可簡單的較量，求其接近之數值。

比較製圖機之立體像與控制點之平面位置，即可得製圖機 Z 軸上下傾斜之接近值，此值普通根據既檢定之立體像以求出並安置之。

於平面圖上選取兩個遠距離之控制點，其坐標為既知者，而於製圖機上對準其中一點，於製圖桌上亦以製圖筆指準此點，再對準他點之立體像，使製圖筆所指之點，在兩控制點連結之線中。若製圖筆於紙上所定之距離太長或太短，則基線及 z 螺子之改正，均與之成比例。

此種檢定於製圖機上選取三個控制點約成一巨大三角形，且依次檢定其每二點之位置及其高程。設製圖上高程讀數為 h_1, h_2, h_3 ，又由三角測量定出者為 H_1, H_2, H_3 ，兩相比較，若發生誤差，則此差由於對 Z 軸而傾斜及對 z 軸而傾斜（即上下傾斜及

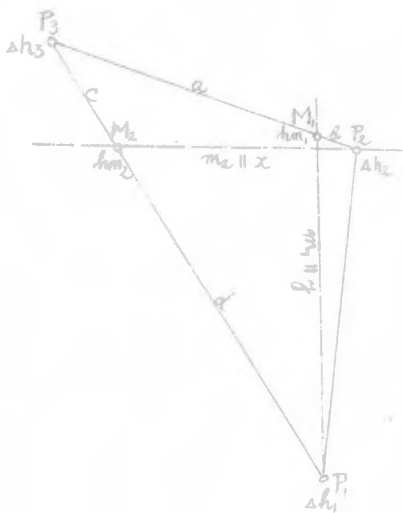
左右傾斜之改正)以改正之。至傾斜攝影者,則尚有平面旋轉之變動 $\Delta\theta$ 。而兩種傾斜之改正值 dp 及 dq 或 $\Delta\theta$,均由平面圖中之三角形及高程讀數值以求得之。

若 dp 之值較大,則復有偏移角及螺子之改正,但此改正若變動甚小,則不甚要緊。或重複檢定其關係位置。

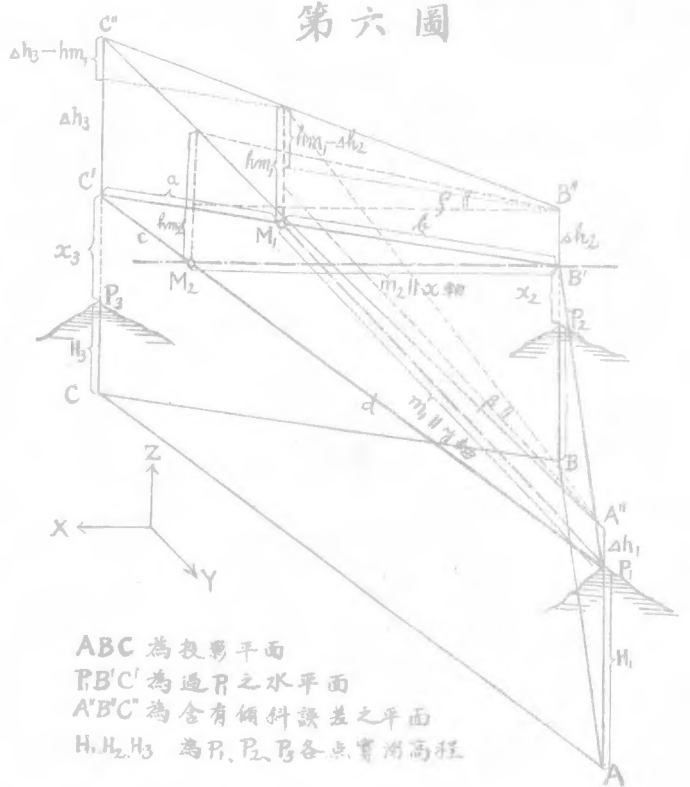
如下圖 P_1, P_2, P_3 各點之高程改正值為 $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta h_3$,則 $H_2 = H_1 - x_2, H_3 = H_1 - x_3$,但因底片安置帶有傾斜角 β 及 β' ,遂誤認 $A''B''C''$ 平面為水平,而製圖機上讀得各點高程 $h_1 = H_1 + \Delta h_1, h_2 = H_1 - x_2 + \Delta h_2, h_3 = H_1 - x_3 + \Delta h_3$ 。今如下

第五圖

平面圖



第六圖



ABC 為投影平面
 P'B'C' 為過P之水平面
 A''B''C'' 為含有傾斜誤差之平面
 H₁, H₂, H₃ 為P₁, P₂, P₃各點實際高程

圖過 P_1 及 P_2 點作縱橫坐標 m_1 及 m_2 與 BC' 及 P_1C' 水平線各交於 M_1 及 M_2 則依下式先求出此兩點對於三個控制點讀出之關係高程 hm_1 及 hm_2 :

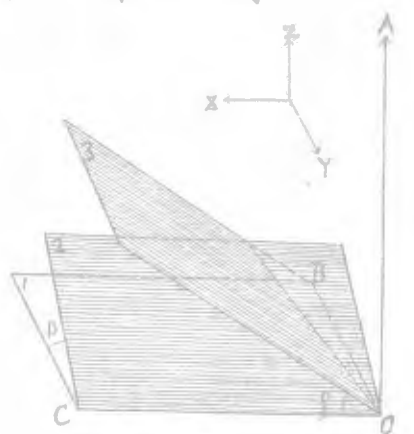
$$\frac{a_1}{b} = \frac{\Delta h_3 - hm_1}{hm_1 - \Delta h_2}$$

$$hm_1 = \frac{a\Delta h_2 + b\Delta h_3}{a+b} \quad \text{同理得:} \quad hm_2 = \frac{c\Delta h_1 + d\Delta h_3}{c+d}$$

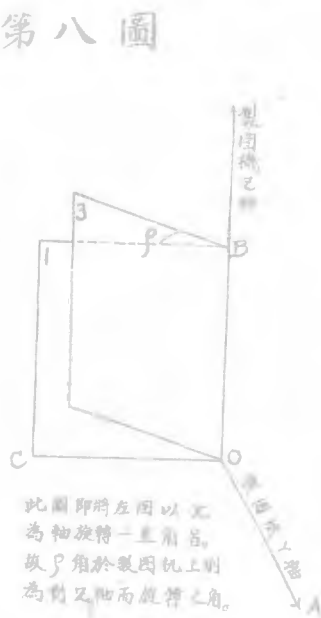
上下傾斜變值由下近似式以計算之。

$$\text{tg} \beta = \frac{hm_1 - \Delta h_1}{m_1} \quad \text{或簡書} \quad d\beta \approx \frac{hm_1 - \Delta h_1}{m_1} \rho''$$

設 M_1 點在 BC' 之延長線上，則上式之符號有變。
其次平面對 Y 軸之傾斜 (即左右傾斜角 ρ) 於垂直攝影，則與繞製圖機 Z 軸之旋轉相當 (參看第七圖及第八圖) 而對於傾斜攝影者，則與平面旋轉角之變動相當。而旋轉角之值於第六圖中求之。



1 平面為無誤差之位置
2 " " 有上下傾斜 β 之位置
3 " " 左右 " " ρ " " " "
OA 表飛機高度



此圖即將左圖以 Z 為軸旋轉一垂直角 ρ ，故 ρ 角於製圖機上則為對 Z 軸而旋轉之角。

對於垂直攝影者，若旋轉角 ρ 在 P_2 點之左邊為正，則由下式得之：

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{hm_2 - \Delta h_2}{m_2} \quad \text{或} \quad d\beta = \frac{hm_2 - \Delta h_2}{m_2} \rho''.$$

若 β 角在 P_2 點之右邊為正則 $\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta h_2 - hm_2}{m_2}$ 。

通常可同時改正 β 及 ρ ，改正此傾斜值後，又將發生視差，但最顯著者為偏移角，可傾斜指導桿以消去之。

若垂直攝影經此傾斜之改正，其三角形 P_1, P_2, P_3 尚未精密決定，則將基線及傾斜角再改正一次，基線比例較小者，決定其三角形後，對於其他點又有高程差，則此乃由像之曲面所起，可用交會螺子改正之。

對於傾斜攝影者：若平面旋轉之改正於射影器 B 所記數值之符號既定，則旋轉角之變動如下式得之（與上求 β 角之公式同理）。

$$\operatorname{tg} \Delta \rho \approx \frac{hm_2 - \Delta h_2}{m_2} \quad \text{若 } \Delta \rho \text{ 角在第二點 } P_2 \text{ 之右}$$

$$\operatorname{tg} \Delta \rho \approx \frac{\Delta h_2 - hm_2}{m_2} \quad \text{若 } \Delta \rho \text{ 角在第二點 } P_2 \text{ 之左}$$

但旋轉角之變動，常影響其他各種之改正值，故須計算其相當之變值，或檢表得之。

由一定之公式得下列各改正值。

偏移角 α_2 (傾斜改正為 $d\beta = \beta$)。

差傾角 $\Delta \rho'$ 向左向右之旋轉角 ρ_1' 及 ρ_2' 。

旋轉角變值 $\Delta\theta$ 如上之公式計算之，由此再檢表可得下之各值。 $d\alpha$, $d\beta$, $d\alpha\beta$, $d\theta_1$, $d\theta_2$ 及加減其數值得 α , β , $\alpha\beta$ 。 $d\theta$ 為 θ_1 及 θ_2 相加者。

將此種新的改正值求出後則安置於製圖機上。指導桿傾斜時其上下視差由偏移螺子改正之，指導桿水平時以鉸螺子改正之。小基線比例者，常因交會誤差發生距離誤差，乃再由交會螺子改正之，以上各改正反復為之。

(註)以上所論關於左右傾斜之改正，新式製圖機概用空中測站高程差螺子改正之，而對 Z 軸旋轉之改正(ρ)及平面旋轉變值之改正($\Delta\theta$)，乃係未有空中測站高程差螺子時，對於左右傾斜之改正法。上文乃自原文譯出，未有列入新式改正法，可參考實用攝影測量學，特此附記。

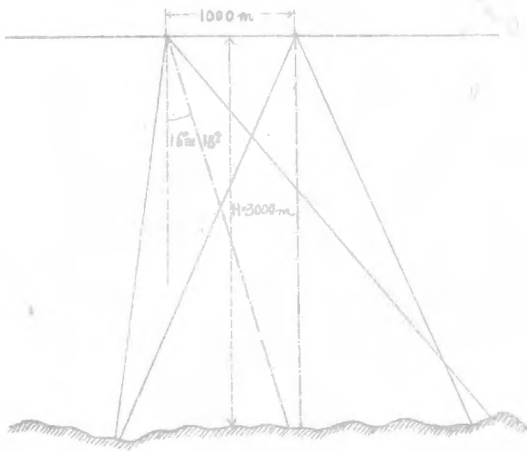
第五章 威特空中手提攝影器之攝影

設基線 1:3，交會角 $16^\circ \cong 18^\circ$ ，中等高程誤差約為 ± 0.5 至 $0.6m$ 。(精密的檢定)比例尺設為 1:25000，則垂直攝影每對底片之製圖面積按底片之大小為 $10 \times 15cm$ 計算，約等於 $3.5km^2$ 。如第九圖之交會法，則最大傾斜之光線為 $37.8^\circ \cong 42^\circ$ 。

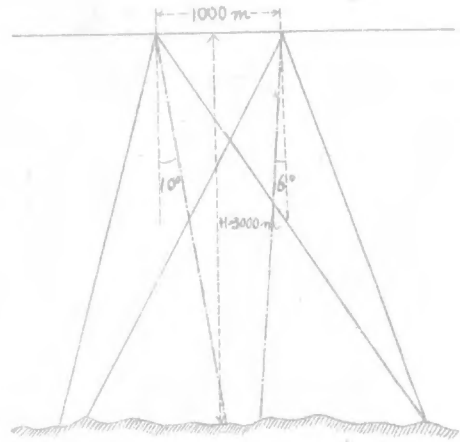
交會攝影設比例尺 1:25000，底片大小 $10 \times 15cm$ ， $f = 161mm$ ，基線比例 1:3，兩底片合共之交會角 $16^\circ \cong 18^\circ$ 。

則如第十圖其最大傾斜光線約 $33^{\circ}8' \cong 30^{\circ}5'$ 。

第九圖



第十圖



飛機高度因比例尺而異。比例尺 1:10000 者，飛機高度約自 1600 至 2500 米（高於地面）。比例尺 1:25000 者，飛機高度約自 3000 至 5000 米。攝影航線之籌劃，亦視機高而定，並可定一個底片包含之面積。攝影地區分為若干航線，航線宜長，使其飛行方向得以準確。飛行方向須計及與風向之關係。普通常有順風或逆風而飛行者，蓋以減少其航差角也。

底片較長之一邊位於飛行方向中。每航線之距離，以較短之一邊定之。複疊部為底片一邊之 $\frac{3}{4}$ 或為 $\frac{1}{2}$ ，既儘够用。

普通攝影器主軸常在飛行方向之垂直面中。但因常有傾斜，故攝影航線常向兩旁偏移。欲使兩旁複疊適宜，則宜特別留意工作，而觀察者亦必須

熟練方可。

按理攝影器主軸，必須常在過飛行方向之垂直面中，且兩連續攝影其攝影器主軸互為十八度之交會。下之兩個舉例，即為此種之格式者。飛機高度不定，基線長度則與機高成正比例而變更。設飛機高度為二千米則基線為 $\frac{2000}{3000} \cdot 1000 = 667\text{m}$ 。（即基線比例為 1:3）。

每航線之隔離，約為飛機高度五分之二。機高對於一定之比例尺，須飛高或飛低全視其所需要之精度而定。普通精密的結果，乃取其較低的機高，但亦有一定之界限。若飛機太低，則因飛行極速有損於像之明晰，故飛行太低，像易模糊結果不佳。又宜注意低飛行僅欲放大攝影之縮尺，但對攝影之工作材料甚不經濟。設使每對底片需要四個控制點，則不經濟之情形，不難立知。

連續攝影底片製圖之面積，若以平方公里 (km^2) 計算，則約為機高二分之一之平方。例如

機高	3000 m	面積	1.5 km^2
" "	2000 m	" "	1.0 km^2
" "	1000 m	" "	0.5 km^2

下列之表為各種不同飛機高度所必需之控制點數。

飛機高度	每 km ² 所需控制點	各點距離
2000 m	4 個	500 — 630 m
2500 m	2.6 個	625 — 790 m
3000 m	1.8 個	750 — 950 m
3500 m	1.3 個	875 — 1090 m
4000 m	1.0 個	1000 — 1250 m

控制點之覘標宜於攝影前做好，使可明顯的照入底片內。控制點測量與三角測量同，攝影前後為之均可。製圖之精度視控制點測量之精度而定。故宜十分注意為之，以免除誤差。覘標可在地上作一等邊三角形，每邊約二米之記號，或塗以石灰。

攝影時威特攝影器安放於特別之坐架上，其使用法格外的簡單。

第六章 威特手提攝影器之坐架

此種坐架固定於飛機之內部，其使用之手柄，則在飛行軸向之兩旁。攝影者則坐於攝影器之後部。攝影器固定於坐架上，宜使其抽拉式暗盒之手柄正在攝影者之一邊。攝影器可旋轉其任意之航差角而固定之。又可向飛行方向作前後傾斜及左右傾斜并固定之。

交會攝影之第一次攝影為十八度之交會角，第二次攝影則為垂直。

每次單獨攝影所需之時間(即攝影隔離時間)依飛行計劃定之。此時間以秒數計算，即等於飛機每秒速度除基線之長度是也。

此外尚須注意者，底片裝入於片盒時，其片盒無封閉之一邊，宜向抽拉手柄安放之。裝片及顯像時，對此極快感光之底片宜於完全暗室并無紅燈處為之。

(完)

