



空中照片製圖法

中華民國二十年九月

廣東陸地測量局編印

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創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

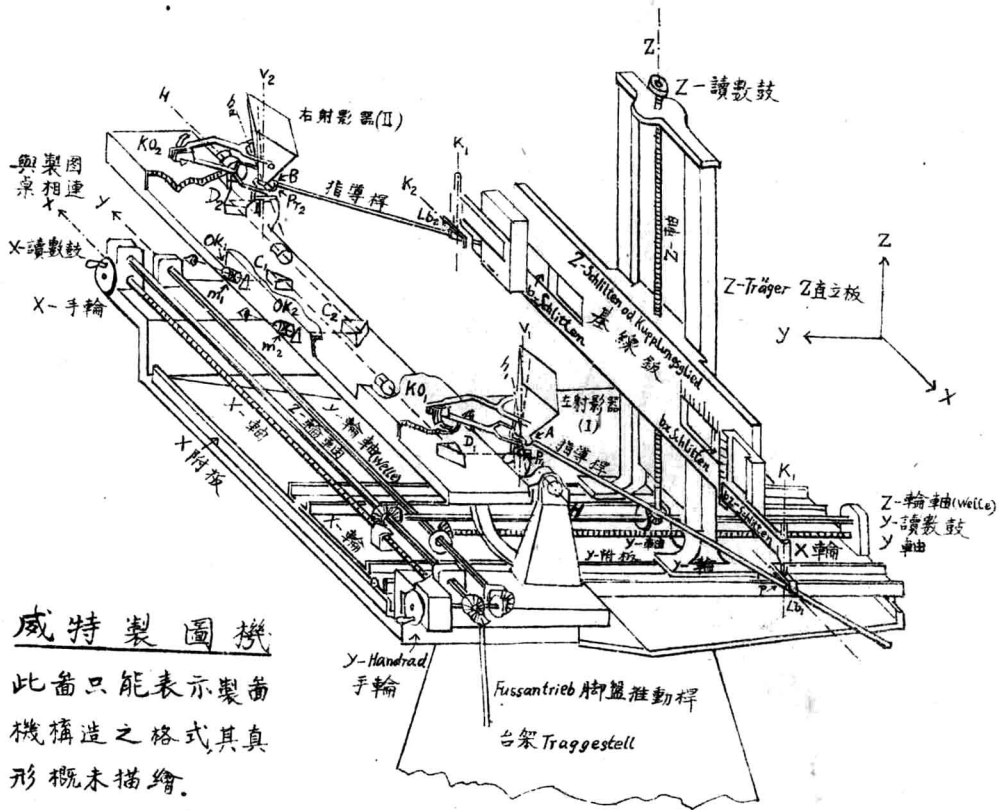
[第二] 傾斜攝影 16-17

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



H-H 製圖機主軸 (Hauptachse des Autographen)

V₁, V₂ 直立軸 (Stehaxe)

h₁, h₂ 傾斜軸 (Kippaxe)

OK₁, OK₂ 觀察接眼鏡 (Beobachtungsookular)

m₁, m₂ 測標 (Messmarke)

K₀, K₀₂ 糾正器 (Korrektionsvorrichtung)

Pr₁, Pr₂ 射影器三稜鏡 (Kameraprisma)

A, B 指導桿之軸點 (Lenkerdrehpunkte)

Lb₁, Lb₂ 指導桿軸承 (Leukerbüchsen)

C, D 折光三稜鏡

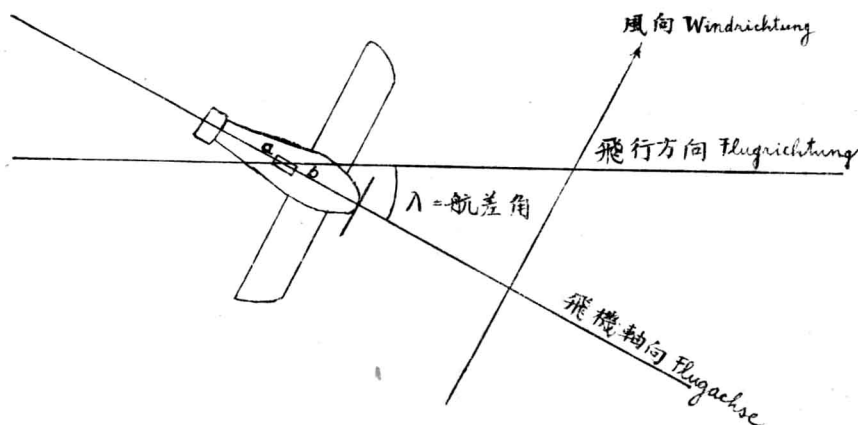
空中底片製圖法

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。基線鉸對基線之位置，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 b_y 及 b_z 不同旋轉。故此兩值有變，須計算 b_y （即 T ）及 b_z 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 b_x 及 b_z 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。 b_x 及 b_z 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 。

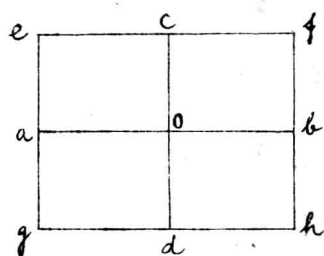
(二) 於 Y 讀數鼓安放大概之飛機高度。

(三) 安放大概基線 b' 。

(四) 安置 Z 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 (用鉸螺子) 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 $(\frac{\text{焦點距離}}{d-O \text{ 之距離}})$)，復以高程螺子 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]未明立体像之大概真位置。

(一)計算兩既知點之空間距離 D (或圖解定之)。

(二)於製圖機上讀出 x, y, z 對此兩既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)若既知立体像之大概真位置則依檢定底片關係位置之法安置之。其長處則在不計其空間距離而可互相比較其機桌間之水平距離。

[第二]立体像之旋轉 (Die Drehung des Raummodelles)

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

(一)對準 A, B 及 C 控制點之立体位置並於 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_2 新值及以前的 b_1 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_1 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_1 及 b_2 於製圖機相應之讀數鼓上，並安放 b' 、 T 及 b_2 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。若証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_1 及 b_2

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 u 及 v ，至兩測標在兩底片之同一点上。

(四) 於主點 H_p 之視差，用 u 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。水平時之視差以鉋螺子改正之，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，以鉋螺子改正之。

(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，上下視差以鉋螺子除去之，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、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算其變值而安放之。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