

航測解析法

Г. В. 羅曼諾夫斯基

Н. М. 費爾查金 合著

Д. И. 維列索夫

測繪出版社

航 測 解 析 法

Г. В. 羅曼諾夫斯基

Н. М. 費爾查金 合著

Д. И. 維列索夫

Г. В. 羅曼諾夫斯基 主編

張鴻珍、徐禮序、李道義 譯

測 繪 出 版 社

1956 • 北 京

Г. В. Романовский, Н. М. Фильчагин, Л. И. Вилосов
ПОСОБИЕ ПО ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОМУ
ОПРЕДЕЛЕНИЮ КООРДИНАТ ТОЧЕК
АНАЛИТИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Под общей редакцией Г. В. Романовского
МОСКВА • 1952

本書系根据苏联1952年于莫斯科出版的“航测解析法”譯出。全書由技術科学博士 Г. В. 罗曼諾夫斯基主編。第一、二、三章由 Г. В. 罗曼諾夫斯基編寫，第四、五、六章及附錄 2 至 6 由 Н. М. 費尔查金編寫，附錄 1 由 Л. И. 維列索夫編寫。

書中闡述了以无扭曲模型法为依据的確定点位坐标的航測解析法。这里所講的航測解析法，是一种最精確的方法；同时又比其他解析法簡便得多，因为它只要求我們作很少的計算工作。假若能采用有校正机械的立体坐标量測仪量測像片，則所要求做的計算工作將更加減少。多倍投影測圖仪不能保証达到用航測方法確定各点坐标的精度，而又可能或不適宜于采用精密立体測圖仪时，在作業中最好是采用这种方法。

這本書是当作实用手冊編寫的，可供从事以航測方法確定点位坐标的工程师和技術員使用。

本書由張鴻珍、徐礼序、李道义同志翻譯，蔣杏江、章日昇、鄭家声同志校訂。

航測解析法

155,000字

著者 Г. В. 罗曼諾夫斯基等

譯者 張鴻珍等

出版者 測繪出版社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第081號

發行者 新華書店

印刷者 人民大學印刷廠

印数(京)1—2,700册 一九五六年五月北京第一版

定价(10)1.00元 一九五六年五月第一次印刷

开本31''×43''1/25 印張 3

012

目 錄

第一章 總 論

§ 1 方法特點的說明	7
§ 2 各點高程的確定	9
§ 3 各點平面位置的確定	15

第二章 对航空摄影与野外控制的要求

§ 4 对航空摄影的要求	16
§ 5 野外高程控制點的密度和佈置	16
§ 6 野外平面控制點的密度和佈置	18
§ 7 骨幹航綫上野外控制點之個數和佈置的特點	20
§ 8 对像片上和实地上測定野外控制點位置的要求	21

第三章 用攝影測量法確定各點坐標計劃之製訂

§ 9 概 論	23
§10 用攝影測量法確定各點坐標最後計劃之製訂	24

第四章 用無扭曲模型法構作單模型和双重模型

§11 概 論	29
§12 像片定向	33
§13 像片量測	38
§14 檢查量測	43
§15 計算像片相对方位元素	43

§16	計算各點引用視差和假定高程	54
§17	計算假定高程的平均值	59
§18	構作双重模型	61
§19	確定各點假定高程的預期精度	65

第五章 各點平面位置的確定

§20	概 論	67
1.	圖解解析法	
§21	無測高儀記錄時各點平面位置的確定	73
§22	有測高儀記錄時各點平面位置的確定	75
§23	確定各點平面位置的預期精度	79
2.	像片導綫測量	
§24	確定攝影基綫	81
§25	計算攝影基綫的假定坐標方位角	83
§26	計算像片導綫點(天底點)的假定坐標	85
§27	像片導綫的改正	86
§28	導綫網各點平面位置的確定	87
§29	確定各點平面位置的預期精度	87

第六章 各點真高之確定

§30	概 論	90
1.	將單模型和双重模型整置成水平	
§31	根據三個控制點將模型整置成水平	93
§32	控制點數量較多時模型之水平整置	95
§33	根據像片真傾斜角將模型整置水平	96
§34	確定各點真高的預期精度	97
2.	航綫網的構成	
§35	航綫模型的構成	98
§36	航綫模型根據控制點定向及其變態之改正	103

§37	用橫導綫進行區域航綫網的平差	109
§38	確定各點真高的預期精度	112
3.	連續法	
§39	連續法的技術程序	115
§40	確定各點真高的預期精度	118
4.	骨幹航綫空中三角網的建立	
§41	像主點高程的確定	120
§42	補助點高程的確定	123
§43	確定各點高程的預期精度	125
附錄 1	立體坐標量測儀 <i>CK-3</i>	127
附錄 2	天底點坐標的確定	139
附錄 3	攝影高度的確定	143
附錄 4	像片真傾斜角的確定	146
附錄 5	死帶內各點引用視差的確定	165
附錄 6	內插高程改正數透明板	170
附錄 7	本書中所用新術語的定義	172

第一章

總 論

§1. 方法特點的說明

应用航測微分法時，在立體描繪地貌和繪製平面圖之前，要完成下列工作：1) 測定在立體量測儀上進行像片定向時所必需的各定向點的高程；2) 測定糾正像片所必需的糾正點的高程和平面位置。通常，這兩項工作是在稀疏的大地控制上用攝影測量的方法完成的，而僅在 1:25000 比例尺和更大的比例尺測圖時，外業工作具有特別良好的條件的個別情況下，才進行全野外控制。

用攝影測量的方法確定各點坐標的工作可以在全能儀器（精密立體測圖儀，多倍投影測圖儀）上進行，也可以用解析法來完成。本書中所講的就是用攝影測量的方法確定各點坐標的解析法，此種方法是蘇聯有關測繪科學研究所研究出來的。在這種方法中，像片上點的直線坐標是用立體坐標量測儀測定的，而空中三角網是將各個單模型或雙重模型連接成一個整體構成的(註)。

確定各點坐標的解析法與在全能儀器上構成空中三角網的方法比較，前者有很多缺點。其中特別應該指出的就是技術方案複雜，它包括很多需要分別進行的過程和手續，並且其中很多不便於檢查，因此這些過程和手續都要進行兩次。這樣就增加了構作空中三角網

(註) 在大多數的解析法中，例如中央測繪科學研究院的方法中，都不構成單模型和雙重模型。

的時間。要想縮短構網的時間，就得在很多情況下用構作圖解輻射三角網的方法確定各點的平面位置，也就是說所得的精度比可能有的精度低，如果根據近似公式進行計算，那麼測定各點高程的精度也要降低。在所述的方法中，由於採用了無扭曲模型法最簡單的同時也是最嚴格的公式，由於利用了以其他解析法（如中央測繪科學研究院的方法）進行的各個過程的機械化，以及由於利用了連接各單模型或双重模型成一個空中三角網的技術的合理化，所以用攝影測量的方法確定各點坐標的解析法的上述主要缺點只能在很小的程度上感覺到。因此，與其他確定各點坐標的解析法相比較，蘇聯有關測繪科學研究所的方法具有下列的優點：

- 1) 可以很容易地構成航綫空中三角網和區域空中三角網，因此不管所採用的野外控制點佈置略圖如何，都可以採用這種方法；
- 2) 具有改用解析法確定各點平面位置的可能性，從而可與圖解輻射三角測量比較，使得確定各點平面位置的精度提高一倍。
- 3) 可以在構成空中三角網時，最簡單而又最完善地採用飛行中確定像片外方位元素的儀器之記錄。
- 4) 具有比其他解析法更高的作業率。

因此，在採用蘇聯有關測繪科學研究所的方法時，用攝影測量的方法確定各點坐標的解析法，其缺點就不是主要的了。同時，這種方法與在全能儀器上測定各點坐標的方法相比較，它還保持有解析法的一切基本優點。

- 1) 處理用不同焦距的航攝儀攝取的像片時，此法的技術程序不變；
- 2) 創造了立體照準（用立體坐標量測儀^(註)）的良好條件，並且在轉而處理用寬角航攝儀攝取的像片時，仍保留有這些條件；
- 3) 可以將像片相對方位元素與根據確定外方位元素的記錄

（註）在觀測地物稀少的地區（例如乾草原或沙漠地區）的像片，以及觀測攝影質量不好的像片時，利用立體坐標量測儀和精密立體測圖儀（不談多倍投影測圖儀），立體照準的差別是特別明顯的。

所求得的数据進行解析平差，但並不改變構作空中三角網的其他过程。

利用苏联有关測繪科学研究所的方法可以測定各點的高程和平面位置，而所得的精度並不亞於利用精密立体測圖儀作業所得的精度。因此，当多倍投影測圖儀不能保証測定各點坐標应有的精度時，首先可以採用这种方法。如果雖有精密立体測圖儀，但是儀器的數量不能保証按期完成任務，或是根據此法的上述特點認為採用它特別有利時，也可以採用苏联有关測繪科学研究所的方法。

§2. 各點高程的確定

確定各點高程的方法由野外高程控制點的密度和分佈，以及是否具有用物理的方法獲得外方位元素來決定。用無扭曲模型法(註1)構成單模型或双重模型，是確定各點高程的基本过程。由於構成單模型或双重模型的結果，求得各點在假定坐標系中的高程、像片的相互傾斜角以及像片與攝影基綫組成的角度(註2)。

爲了由各點的假定高程推算出真高，需要將單模型或双重模型進行大地定向，也就是把這些模型化爲所要求的比例尺，並使之水平。

地球曲率，折光差，光束通過航攝儀濾光鏡時其方向的改變，航攝儀鏡箱物鏡的畸變差，航攝儀鏡箱承片框和暗匣壓片板不平的偏差，攝影材料的變形，立体坐標量測儀的儀器誤差以及量測的誤差，都會引起單模型和双重模型的變態，因而也就引起空中三角網的變態。這些變態主要的是引起各點高程的誤差。在單模型和双重模型進行大地定向時，因爲上述的變態通常引起所求點高程的誤差比較小，所以這些變態可以不管。然而，在根據數量很多的單模型

(註1)Г. Б. 羅曼諾夫斯基著『無扭曲模型法』，1948年莫斯科出版。

(註2)角元素在構成航綫網以及用立体量測儀進行像片定向時均採用之。

或双重模型構作空中三角網時，这些變態会總合起來，並且引起各

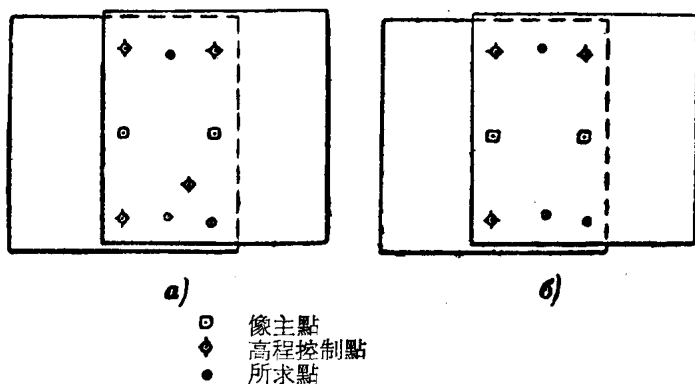


圖 1

點的高程誤差通常都是很大的。

当各個單模型有着三個以上的高程控制點，並且野外控制點的數量和佈置不能保證立體量測儀中像片的定向和定向的檢查時，在這種情況下，各點高程在各單模型的範圍內測定(註)(圖1a和b)。

当每個單獨像對不可能有三個高程控制點，而不能使像對水平

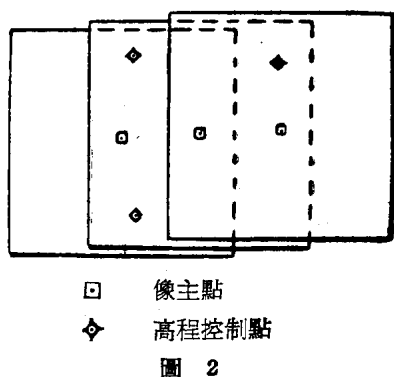


圖 2

(註) 有時在測定骨幹航線上各點高程的時候，有必要使得只有兩個控制點的單模型水平。在這種情況下要使模型水平，除了控制點之外，還要利用像片的真傾斜角。

時，在這種情況下，各點的高程在雙重模型範圍內測定。這時兩個相鄰像對的面積上應有三個以上的野外高程控制點（圖 2）。

當單模型或雙重模型不可能分別整置水平的時候，就得測定幾個立體像對面積內各點的高程。

按照高程控制點的佈置，可以用連續法^(註)沿着航綫構作空中三角網，也可以利用這種方法構作區域空中三角網，最後還可以將航綫網和區域網聯結起來。

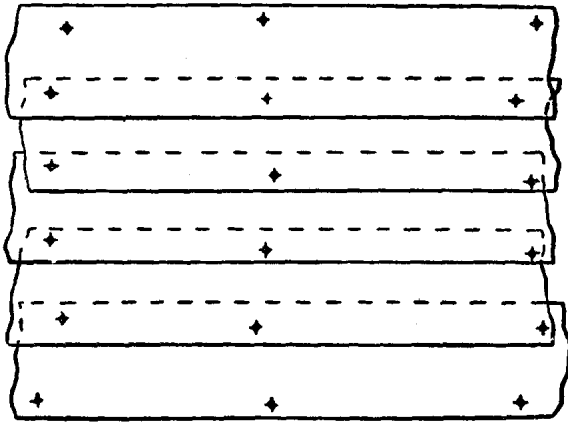


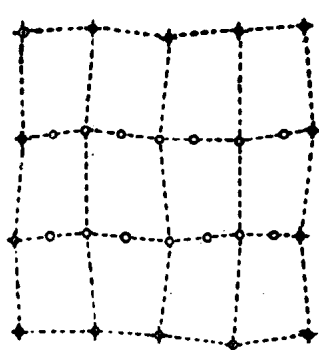
圖 3

航綫網在野外高程控制點大約垂直於攝影航綫（圖 3）成排佈置的情況下進行擴展。使整條攝影航綫上，或野外高程點所局限的航綫某一部分上的單模型逐次水平，以構成航綫網。由於該模型傾斜的大小與方向均等於構成該模型的立體像對中一張像片的傾斜，所以需要將單模型整置水平。爲了整置各單模型的縱向水平，要利用預先求出的像片與攝影基綫間的角度，如果有高差儀記錄，尚須利用此記錄以求得像片的縱向真傾斜角。各個單模型橫向水平，根

註：Г.Б. 羅曼諾夫斯基著『無扭曲模型法』，1948 年莫斯科出版，1955 年中文版第 53 頁。

據相隣模型的公共點進行整置（此時，要改變該模型的橫向傾斜，使得此模型各點的高程等於已整置水平的相隣模型上各相應點的高程），或用以前求得的像片相互橫傾斜角和該航綫（航綫的一部分）中的高程控制點確定像片橫向真傾斜角的方法，使各單模型橫向水平。根據高程控制點上的閉合差，可以找出航綫空中三角網的變態^(註)。爲了減小高程誤差，其中要加入航綫空中三角網的變態改正數。

可以把應該測繪的面積分爲各個在測繪面積邊界上有高程控制點的測區，使得分佈在測區邊界上的每一個單模型或双重模型上至少有兩個高程控制點，而某些單模型或双重模型甚至有三個高程控制點（圖 4 和 5），在這種情況下用連續法進行構網。這時用模型逐次水平的方法構成空中三角網。首先將有三個以上高程控制點的單模型或双模型整置水平，藉以求得相隣模型公共所求點的高程。



◆ 高程控制點
○ 所求點
---- 模型边界

圖 4

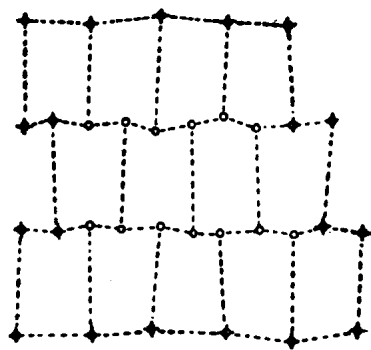


圖 5

(註)如圖 3 所示，當航綫網有三對高程控制點時，可以最完善地消除航綫網的變態。

將相隣模型整置水平，不僅要根據控制點，而且也要根據已求得高程的所求點進行。

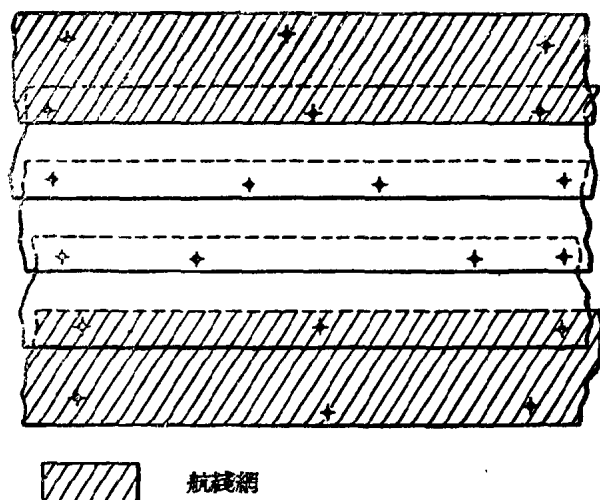


圖 6

当控制點在測區範圍內大約係均勻地佈置（圖 6），並且僅能在某些攝影航綫上構作航綫網，而由於沒有三個野外控制點的單模型或双重模型，不能單獨地採用連續法時，在這種情況下，就要把航綫網與根據連續法構成的網聯結起來。這時首先根據整條航綫或航綫某些部分的像片構成若干條航綫網，這些航綫和航綫某些部分具有野外控制點，能够求得最高的精度。利用使單模型或双重模型水平的野外控制點，以及由構成航綫所求得的點，在各航綫網之間用連續法進行構網。

当 1:100 000 比例尺測圖時，除填充航綫外，還敷設有骨幹航綫，並且高程控制點僅佈置在骨幹航綫內（圖 7），這時可以採用航綫網與用連續法構成的網聯結的方法。在這種情況下，根據骨幹航綫構成的空中三角網之間，用連續法擴展網。

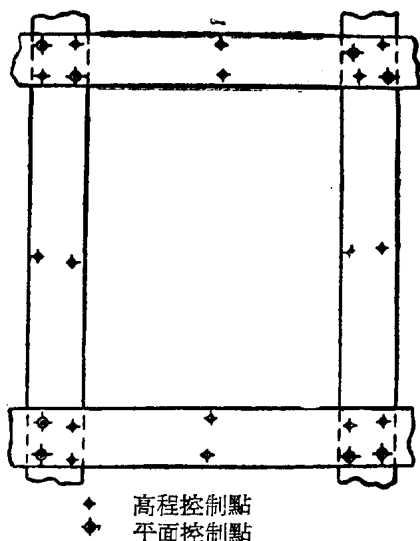


圖 7

用連續法構網時，要確定像片的相互縱傾斜角和相互橫傾斜角，這項工作的精度只要具備在立體量測儀中進行像片定向所需的精度就可以了。就是說確定的精度比構作航綫網所必需的精度要低。此外，採用連續法時，網的變態改正和網的平差都比構作航綫網時簡單得多。因此用這種方法擴展網所佔用的時間比構作航綫網的時間少。但是在所述的連續法方案中，利用高差儀記錄和測高儀記錄都是有限制的。所以這些記錄就不能用來顯著地提高確定各點高程的精度。但在構作航綫網時，利用這些記錄比較完全，所以確定各點高程的精度就提高了，同時野外高程控制點之間的距離越大，所提高的精度就越高。

當 1:100 000 比例尺測圖，並且具有高差儀記錄的時候，只是骨幹航綫上能夠有野外高程控制點（見圖 7）。在這種情況下，首先根據骨幹航綫的像片進行構網，使得填充航綫網也能有已知點。填充航綫的各控制點對於骨幹航綫軸可以任意地佈置，因此為

了使作業簡化，在骨幹航線上僅測定各像主點的高程。

§3. 各點平面位置的確定

各點的平面位置，依據野外控制點的密度和佈置，以及有無測高儀記錄，可以採用下列方法確定：

- 1) 構作圖解輻射三角網；
- 2) 圖解解析法；
- 3) 擴展解析像片導綫測量。

只要像片的野外平面控制能够保證圖解輻射三角測量得到所必需的精度，那麼都採用圖解輻射三角測量。如果地面各點的高差很大，那麼擴展圖解輻射三角測量時，爲了提高其精度，就應該用天底點作爲輻射中心。

用無扭曲模型法構成單模型或双重模型的各种情況下，都可用圖解解析法確定各點的平面位置。用連續法確定各點高程的時候，圖解解析法就特別有效。

要用圖解解析法確定各點的平面位置，就得在像片上各點的位置中，加入按引用左右視差計算出來的改正數。如果具有測高儀記錄，一開始就應該按規定的比例尺求出像片上各點的位置，每張像片上各點的平面位置確定以後，要構作測區平面網。

解析像片導綫測量是一種最精確的方法。當骨幹航綫以及野外控制點間的距離很大的填充航綫上，圖解輻射三角測量和圖解解析法都不能保證確定各點平面位置所要求的精度時採用之。

第二章

对航空摄影与野外控制的要求

§4. 对航空摄影的要求

根據航攝規範（以製圖為目的）（ $H\Delta\Phi-46$ ）和苏联有关的測繪部門就此規範補充的技術指示的要求進行航空攝影。用鏡箱焦距為 70 或 100 公厘，像幅為 18×18 公分的航攝儀進行航攝。應該尽量使像片能有高差儀記錄和測高儀記錄，並且尽量使攝影時航攝儀中軟片压平的精度提高。

用攝影測量的方法確定各點的坐標，应具有下列的航攝資料：

- 1) 全套接觸晒印像片；
- 2) 全套正片或貼在玻璃上的接觸晒印像片，或是全套負片；
- 3) 高差儀和測高儀的底片（如果有的話）；
- 4) 像片鑲輯複照圖；
- 5) 航攝鑑定表。

§5. 野外高程控制點的密度和佈置

按照航攝比例尺，測區的特點及以前所規定的用攝影測量的方法確定各點坐標的技術程序，根據 1949 年 6 月 20 日批准的对航空攝影測量精度的基本要求來決定野外高程控制點的密度和佈置。同時須遵照下列指示。

1. 在地面傾斜角為 0° 到 2° 的地區進行 1:25000 比例尺測圖時，通常要進行像片全高程控制，就是說要使每個立體像對都有四