

航空象片野外判读的 量测方法

Н. Г. 盖利 著
张鸿珍译 胡瑞明校

中国工业出版社

航空象片野外判读的 量测方法

Н. Г. 盖利 著

张鸿珍译 胡瑞明校

中国工业出版社

本书将向讀者介紹航空象片的几何特性和測量特性，以及
在野外条件下利用这些特性的最合理的方法。

并且特別注意研究了进行各种地质地貌工作时所必須利
用的航空象片的野外判讀。

本书供广大勘査专业人員——測量者、地质工作者、地
貌学家等閱讀。

Н. Г. КЕЛЛЬ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ
АЭРОСНИМКОВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1959 ЛЕНИНГРАД

* * *

航空象片野外判讀的測量方法

張鴻珍譯 胡瑞明校

*

国家測繪总局測繪书刊編輯部編輯 (北京三里河国家測繪总局)

中国工业出版社出版 (北京左門外大街10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ ·印张 $4 \frac{1}{2}$ ·字数95,000

1963年11月北京第一版·1963年11月北京第一次印刷

印数1001—1,210·定价(10-6)0.59元

*

統一书号: 15165·2593(測繪-90)

目 录

緒 論

野外閱讀及其范围	1
最简单的摄影測量設備	2

第一章 視觉和航空象片

§ 1. 单张象片和放大鏡	4
§ 2. 双眼观察	6
§ 3. 立体鏡	8

第二章 摄影影象的几何特性

§ 1. 物鏡的构象	15
§ 2. 摄影影象的几何概念	15
§ 3. 正射(直綫)投影、球心(日晷)投影和方位投影	16
§ 4. 象片的內方位元素	18

第三章 水平航空象片

§ 1. 平坦地区水平航空象片。比例尺	19
§ 2. 垂直直綫的影象。底点	19
§ 3. 由高差而引起的象点位移	21
§ 4. 垂直直綫影象的比例尺	22
§ 5. 水平航空象片与平面图的区别	22
§ 6. 傾斜直綫的方向偏差	24
§ 7. 水平距离的确定	26
§ 8. 航高的变化。改正的困难	27
§ 9. 象片的中央部分	29

第四章 傾斜航空象片

§ 1. 真的和假定的特殊点和綫	30
§ 2. 特殊点和綫的特性	30
§ 3. 糾正公式的推导	33

§ 4. 豎直航空象片的糾正系數和糾正系數表	37
§ 5. 水平方向的偏差	38
§ 6. 透視对应	41
§ 7. 无穷远元素	43
§ 8. 第四点的构成	44
§ 9. 平面的投影对应关系	45
§ 10. 图解糾正	46
第五章 图解平面輻射三角測量	
§ 1. 輻射三角測量可能性的基础	48
§ 2. 方位綫及其确定	49
§ 3. 同名点的刺出及模片的制作	51
§ 4. 輻射三角測量的进行及其縮放	52
第六章 象对及其相对定向	
§ 1. 节点和节綫	55
§ 2. 在立体象对的理想情况下求取豎距和高程	57
§ 3. 視差三角形和平面坐标的获得	60
§ 4. 豎直航空象对的豎距基綫平面和相对定向元素	62
§ 5. 相对定向元素的图解說明	67
§ 6. 相对定向元素 s 的确定	68
§ 7. 元素 l_2 (或 l_1) 的确定	72
§ 8. 元素 l_1 的确定和求 s 值的精确值	75
§ 9. 主节綫及其糾正	79
§ 10. 元素 s 的检查	82
第七章 单独立体象对的处理	
§ 1. 立体模型的建立	84
§ 2. 模型的置平	88
§ 3. 单张象片眞傾斜角的确定	89
第八章 豎直航空象片带	
§ 1. 带中各单独模型豎距基綫平面的合理选择	91

§ 2. 航带模型角度关系的确定	93
§ 3. 模型的起始左右视差	96
§ 4. 在第一号模型公共坐标系中测站点的坐标	102
§ 5. 根据起始左右视差建立航线各模型	103
§ 6. 模型各点坐标的纠正与原点的移动、总模型的 建立	105
§ 7. 总模型比例尺的确定、置平和定向	106
第九章 航空象片的航空水准测量与横向置平	
§ 1. 航空象片带的横向置平	108
§ 2. 三片重叠点的纵剖面图	110
§ 3. 剖面图底边的拉直和置平	115
§ 4. 高程点的加密	118
第十章 岩石矿层元素的测定	
§ 1. 倾斜和走向的测定	121
§ 2. 地层厚度的测定	125
第十一章 补充的实用方法	
§ 1. 高程梯度	128
§ 2. Н. И. 格伯高尔特方法	130
§ 3. 专门地形图的详细补充	132
附表 1	134
附表 2	136

緒 論

野外判讀及其範圍

掌握天空可以大大地簡化征服空間的任務，和加快征服空間的速度。不能通行的地方變成為可以通行的。為了攝取地面，人們設法將自己研究的儀器裝置到飛機上去，同時對這些儀器作相應的改變。首先在飛機上安裝的是攝影機。為了編制各種比例尺的地形圖，航空攝影普遍地在很大範圍內獲得了推廣。

航空象片反映出的各種元素、碎部和標志，比之測量員在測繪自己的地圖時所需要表示的更多。因此，航空攝影測量首先在林業、農業、地質、土壤、工程勘查等方面進行專門研究時，獲得了完全合理的应用。適應上述研究工作的航空象片的專門判讀也獲得了發展。因此，航空象片判讀質量的提高，也在这方面或其他方面引起了很大的注意。為了適應研究的對象，攝影過程本身也有部分改變。

根據航空象片進行的各種研究工作，都必須進行野外判讀。我們把野外判讀理解為是在最初的攝影成品（即在野外條件下制成的接觸晒印象片）上進行觀測和測量工作的最簡單的攝影測量處理方法。

所謂野外判讀工作，即指利用航空象片來代替野外測量工作，並從而獲得現有地圖上所不能得到的足夠的碎部和滿意的精度，為了順利地進行野外判讀，必須熟悉攝影測量的幾何基礎。

不應該忘記：在普通的黑白航空象片上，能夠得到這樣

一些碎部的影象，即这些碎部对測量員来講也許是不重要的，这些碎部在測量上也許是没有什么意义的。因此，在地形图上，这些碎部也就不值得測出。但是，对于野外工作者来講，这些碎部可能是特別重要的，作業員應該會把它們轉繪到地图上去，并且會把这些碎部与图上已有的地物和地貌联系起来，如果必要，还得补充进行野外測量。在发现有特別地物的地方进行專門判讀工作时，应附加进行野外判讀工作——也就是以最大限度地利用航空象片的測量特性和最少的地面測量工作，将这些特別地物描繪到已有的地图或正在編制的图上去。

在尽可能多的各专业的野外工作人員中間，进行野外判讀的教育，使他們熟練地、毫无困难地在野外条件下，只要有最简单的仪器和设备时，就能广泛地采用接触晒印象片进行野外判讀工作，而不必要求也不必等待将航空象片变为相应比例尺的平面图，这就是本书的目的。同时應該指出，从航空象片上，可以得到比从綫划平面图上得到的大得多的比例尺，这样大的比例尺，綫划平面图是决不能得到的。

这时，可以根据广泛应用的比例尺为 1:100 000 的地形图。其中大多数，特別是很少到达地区的該种比例尺的地形图，通常是用航測方法編制成的。这样，当野外判讀是按專門路綫进行时，不仅可以簡化用于編制地图的那些象片的野外判讀，而且也可簡化專門航空的較大比例尺象片的野外判讀。

最简单的摄影測量设备

当进行野外判讀工作时，除了具有所研究地区的两套接触晒印象片外，还应有下列最简单的设备和材料：

1) 繪圖用具——鉛筆，橡皮，削鉛筆刀，繪圖筆，刺點針，測量用的兩腳規，毫米比例分划尺，普通直尺和三角板，量角器，普通放大鏡，貯藏的透明紙，繪圖紙，毫米方格紙，墨水，紅墨汁和綠墨汁；

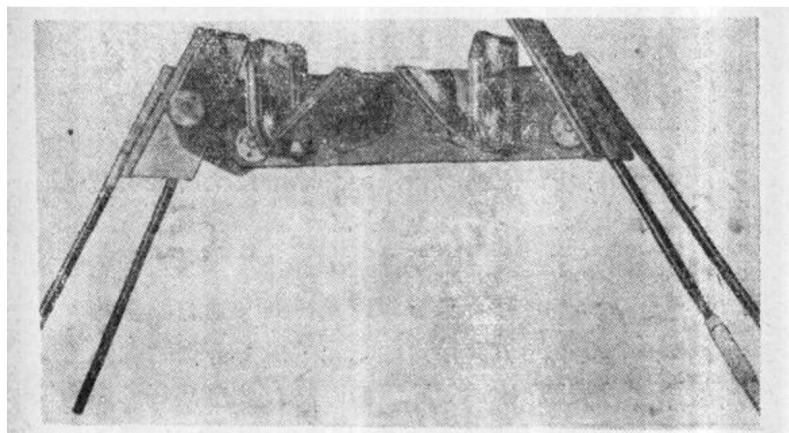


圖 1

2) 兩三個長為50厘米中間畫有紅綫（將紅墨水嵌入刻綫中）的透明賽璐珞直尺；

3) 一個輕便的外業用立體鏡，例如使用輕便的反光立體鏡，如圖1所示。

第一章 視覺和航空象片

§ 1. 单张象片和放大鏡

当我们遮盖一只眼，那么第二只眼，即未遮盖的那只眼，会感觉到同双眼观看时相同的空間。由此可以想到，由一张象片也可看到地貌起伏的影象，因为眼的光具組在眼网膜上所反映出的外部空間的影象，与象平面上所反映的空間影象相似。

当网膜感光元素（視网膜杆状細胞和錐体細胞）上的刺激，轉变为脑神經纖維中能够“感觉得到”的空間影象时，必須要求一个复杂的知觉行为。視覺是由所得到的刺激与觀測員过去的經驗相比較产生的，而在辨認出某些已知的地物，并将它們按应有的方向設想在相应的空間点上結束的。新觀測員的辨認能力还不能如同觀察象片已有經驗的老觀察員一样。問題在于反光刺激的感觉变为視覺行为是属于心理学范围。

我們时常根据可以区分的各种地物的数目，来估計已知地物离我們的距离。这时空气的清晰度有很大意义。在高山地区，所有的高山都好象很近。此外，必須由日常經驗得知所熟悉地物各元素在实地上的关系，以便正确地估計地物的位置和在空間的大小，甚至于用一只眼去估計地物的距离，并且同时正确地将視网膜上的影象反过来設想出地物的空間。

当观察摄影象片时，必須使眼睛与象片保持这样的距离，即要能使象片各点之間的角距离等于实际空間各相应点之間的角距离。空中摄影时，摄取的几乎都是构象于焦面上

的远距离地物。因此，在用一只眼观看这些单张象片时，为了获得自然景象，必须使眼睛处在与摄影物镜焦距相同的距离上。也可以使用焦距等于物镜焦距的放大镜。这样，就可改善对单张象片地面起伏影象的印象。为了加强距离很远时起伏的程度，如下所见，应利用在相当长的基线两端取得的象对，并且用双眼借助立体镜观察。

当眼网膜上构成影象时，我们应该区分由地物一点发出的光线和由相邻各点发出的光线。应该认为：最正常的不疲倦的眼睛是使平行光束的各光线会聚在眼网膜的一点上。对于近视眼来讲，光束应当发散，而对远视眼来讲则应会聚。

为了更好地识别地物的碎部，由各最近相邻点发出的光线应自然地组成尽可能大的夹角。这样就要求物体接近于眼睛，因此便引起由每一独立点发出的各光线之间角度不适当的增大。这就产生相反的要求，这种要求是折衷的，即使物体放在明视距离上，此时由各独立点发出的和以相当数量反映在眼中的各光线，还比较容易会聚在眼网膜的一点上，而由相邻各点发出的光线，在眼网膜上构象的间距也很适当。明视距离根据工作的方便和习惯来确定。对于正常眼睛来讲，此距离等于250毫米。

位于离眼睛不同距离上的物体的影象，用眼睛光力的相应变化，可使它们反映到网膜的表面上。这样，由于与眼睛水晶体连接的肌肉的作用，水晶体(主要是前面的)表面的曲率也产生变化。放松这些紧张的肌肉可使曲率和光力减小，而收缩眼肌则产生相反情况。改变光力的眼睛性能，称为调节，调节的变化范围为20%。

对于一般的眼睛来讲，具有可以清楚看见的距离的界限或范围。当晶状体肌肉完全放松，即肌肉平静的情况下，眼

睛可以看見的最远一点，我們称之为明視最远点。可以認為：对于正常眼睛來講，这一点在无穷远（平行光綫束）。对于正常眼睛，当肌肉尽可能紧张时，可以看見的一点，称为明視最近点。

对于一般的（正常的）眼睛來講，最近点与眼角膜顶点的距离等于 102.3 毫米。最好的視点是在最近点和最远点的中間。由于年老，調节的性能就会喪失。

最简单的光学仪器——放大鏡，它适于上述的由一点发出的光綫和由相邻各点发出的光綫的相反要求。放大鏡使所見物体各点的光綫調整成該眼所需要的光束，即对正常眼來講是平行的光束（物体置于放大鏡的主焦距上）。同时具有不大焦距的放大鏡，会使相邻地物点到达眼中的中心光綫之間的角度增大，得到按角度关系增大的地物影象。因而放大鏡的放大率用正常眼睛的明視距离（25 厘米）与放大鏡焦距的比例来表示。

§ 2. 双 眼 观 察

当双眼接受到同一个空間点的影象时，我們发现，只有在双眼視网膜的相应点上，才能感觉到一个而不是两个分开的点。这可由下述証实，即在这一只和另一只眼中，离网膜窝中心不同方向所得到的影象不可能融合成一个形象。

在离盲点中心（眼神經由此进入眼腔內） $15^{\circ}.5$ 的距离上（向太阳穴一面），有特別灵敏的黃斑，其視場角略大于 2° 。在中央部分有隐窝，称之为中心网膜窝。对于眼的光具組來講，重要的不是对称軸，而是直視綫（視軸），即通过眼节点和中心网膜窝中央的直綫。当观看空間某一点和与此点邻近的区域时，眼球借助于眼肌肉，轉动到使直視的直

綫通过所观察的一点的位罝，并且点的影象呈现在网膜窝的中央。眼的活动性是很大的。它对我們来講是无意識地不断地圍繞着所观看的空間部分而轉动。

在利用双眼观察时，我們轉动两眼使直視綫交于我們集中注意力的一点上。

两眼相应节点之間的距离 b 称为眼基綫。如果用 L 表示由某一点 A 到基綫的距离，那么会合在点 A 的直視綫之間的小角 γ 可用数学公式表示

$$\gamma = \frac{b}{L} \cdot \quad (1)$$

γ 角称为立体視差角，取 b 等于65毫米。

在眼基綫上构成的，并包含 γ 角的圓弧，是具有同一視差角度 γ 的固定点的几何位罝。

可以在一只眼的直視綫上取若干个点，所有这些点都构象在这只眼的网膜窝中央的一个点上。另一只眼只有所取的其中一点在眼黄斑的中央构成影象；其他各点的影象則在黄斑中央的这边或那边。因此，两只眼中构成的空間影象不是一样的。为了获得相应各点的影象，必須改变固定点和立体視差角 γ 。

眼睛所感觉到的視差角 γ 的視差較 $\Delta\gamma$ 的最小值，称为立体視觉或双眼視觉的清晰度。某些观测者，在練習之后，此值可达到 $10-7''$ 。

取 $10''$ 作为立体視差的极限視差較，我們根据式 (1) 求得立体視觉的半径值

$$L_m = \frac{b}{\Delta\gamma} = \frac{0.065}{10} \rho'' = 0.0065 \times 206265 = 1350 \text{ 米} \cdot (2)$$

观测者可以立体看到的最小距离差数，对于立体观察具

有很大的意义。这个差数称为立体视觉的限度，或立体深度感觉的限度，并且此差数取决于限度的起始距离。为了表明此限度值，我们取等式

$$\Delta\gamma = b \left(\frac{1}{L} - \frac{1}{L'} \right), \text{ 或 } \frac{1}{L_m} = \frac{1}{L} - \frac{1}{L'},$$

由此

$$L' = \frac{LL_m}{L_m - L} \text{ 和 } \Delta L = L' - L = \frac{LL_m}{L_m - L} - L = \frac{L^2}{L_m - L},$$

因而

$$\Delta L = \frac{L^2}{L_m - L} = \frac{L^2}{L_m} \cdot \frac{1}{1 - \frac{L}{L_m}}, \quad (3)$$

式中 L ——限度距离，即限度的起始距离；

ΔL ——限度值。

当 $L = L_m$ 时，限度值变为无穷大。

当关系式 $\frac{L}{L_m}$ 的值很小时，限度值可以用下式表示

$$\Delta L = \frac{L^2}{L_m} = \frac{L}{L_m} L = \left(\frac{L}{L_m} \right)^2 \cdot L_m. \quad (4)$$

例如，当 $\frac{L_m}{L} = 1000$ ， $\frac{L}{L_m} = 0.001$ 和 $L = 1.35$ 米时，

则 $\Delta L = (0.001)^2 \cdot L_m = 1.35$ 毫米。

§ 3. 立 体 镜

用双眼观察立体象对时，可得到立体感觉。我们把由某一基线的两端，大约按同一方向（具有大约平行的轴）摄取的两张象片，理解为一个立体象对。

为了能容易地由立体象对得到立体效应，我們采用立体鏡，这个立体鏡，使左眼不能看到右象片，而右眼不能看到左象片。如果将象片变换位置，則在立体鏡下产生反立体效应：近的点感觉为較远的点，小丘感觉为洼地，低处感觉为高处。如果将立体象对的象片，在其自身平面內旋轉 90° ，并使其核綫垂直于眼基綫，則得到零立体效应——地面呈現为平面，然而如同正立体效应时一样，这并不妨碍立体地确定相应点。

立体影象空間与光学影象空間比較，对物体的空間具有另一种关系（例如在目鏡中）。

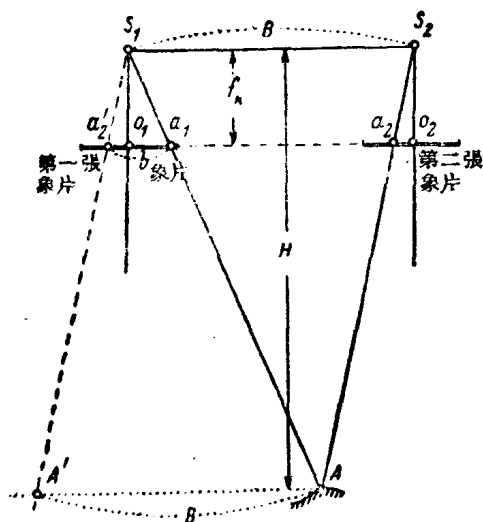


图 2

图 2 表示在正常情况下，获得的立体航摄像片对的略图，其水平摄影基綫为 B ，水平象片的摄影高度等于 H 。地

面点 A 的影像为 a_1 和 a_2 。在图 3 上, 第一和第二张象片是当

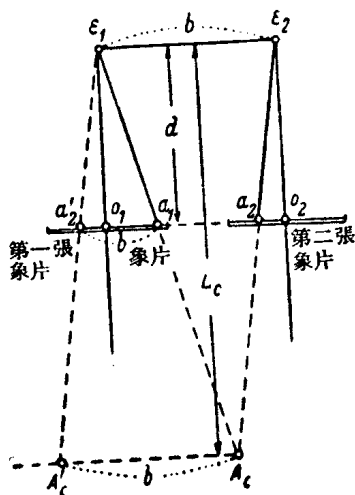


图 3

眼基线为 b 时在立体镜下观察的情况, 这两张象片离眼睛的距离为 d 。点 o_1 、 a_1 、 a_2 和 o_2 如同图 2 上所示的相同。在光线 $\epsilon_1 a_1$ 和 $\epsilon_2 a_2$ 的交点处, 所取的图 3 上的点 A , 是立体影像空间中的点 A 的假想影像。在图 2 上, 画平行于 $S_2 A$ 的直线 $S_1 A'$, 而在图 3 上, 画平行于 $\epsilon_2 A_c$ 的直线 $\epsilon_1 A'_c$ 。它们截图 2 上等于 B 的水平线段 AA' 和图 3 上等于 b 的线段

$A_c A'_c$ 。

这时 $S_1 A'$ 和 $\epsilon_1 A'_c$ 在第一张象片的平面上 (图 2 和 3) 给出一个相同的点 a'_2 。在图 2 和 3 上, $o_1 a'_2 = o_2 a_2$, 并且用 b 象片表示的线段 $a'_2 a_1$ 是 o_1 和 o_2 为坐标原点时, 点 a_1 和 a_2 的横坐标 y_1 和 y_2 之差; $y_1 = o_1 a_1$, y_2 (负的) $= o_2 a_2$ 。

图 2 上 b 象片的值, 是摄影基线 B (线段 AA') 的影像, 图 3 上在立体影像空间中, 眼基线 b (线段 $A'_c A_c$) 与摄影基线 B 相适应。由此可以看出: 立体影像的直线放大率 β (横向放大率) 可用下面简单的比例式表示

$$\beta = \frac{v}{B}. \quad (5)$$

而在立体影像的深度中, 放大率 α 等于比例式 $\frac{L_c}{H}$ (由

图 2 和 3 可清楚地看出)。

根据相似三角形 $\varepsilon_1 a_1 a'_2$ 和 $\varepsilon_1 A_c A'_c$ ，得

$$L_c = \frac{bd}{b_{\text{象片}}} \quad (6)$$

图 2 上的 H 值由相似三角形 $S_1 a_1 a'_2$ 和 $S_1 AA'$ 得出下式

$$H = \frac{B \cdot f_k}{b_{\text{象片}}} \quad (7)$$

因而

$$\alpha = \frac{L_c}{H} = \frac{bd}{B \cdot f_k} \quad (8)$$

由此，用关系式 $\frac{\alpha}{\beta}$ 表示的立体影象空间的深度差，可

用下一等式表示

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{d}{f_k} \quad (9)$$

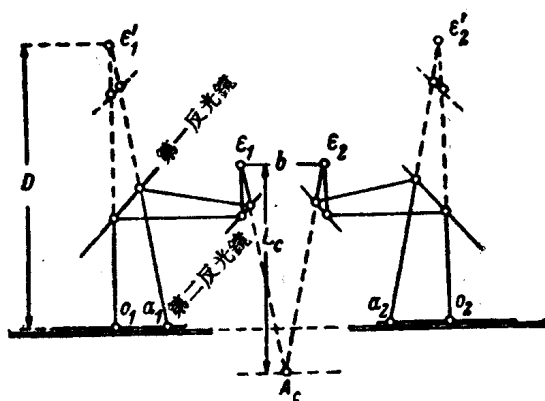


图 4