

236271

象片判释手册

上册

[美] R.N. 科威尔 主编

周卡 张咸恭 储钟瑞等译

中国工业出版社



象片判释手册

上册

〔美〕R.N.科威尔 主编

周卡 张咸恭 储钟瑞等 译

中国工业出版社

根据美国摄影测量协会所出版的《象片判释手册》译出，其主要内容为：航空摄影，象片判释基础，地质、土壤、工程、森林、野生禽兽、农业、城郊、考古、地理等方面的象片判释技术。本书将分两册出版。上册包括：航空摄影，象片判释基础，地质、土壤及工程的象片判释技术。

本书可供从事自然资源调查和各专业性的地表现象研究的技术人员参考。

全书由周卡、张成恭、王大纯、申宗圻、杨遵义、汤逸人、储钟瑞等十多位同志分章译出，并经周卡同志作了全稿校订。

R. N. Colwell
MANUAL
OF
PHOTOGRAPHIC INTERPRETATION
American society of photogrammetry
Washington 1960

* * *

象片判释手册

上册

周卡 张成恭 储钟瑞等译

*

国家测绘总局测绘书刊编辑部编辑（北京三里河国家测绘总局）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

北京市书刊出版业营业许可证出字第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·各地新华书店经售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张10·插页114·字数386,000

1965年9月北京第一版·1965年9月北京第一次印刷

印数0001—1350·定价（科六）5.50元

*

统一书号：15165·3766(测绘-138)

目 录

第一章 航空摄影	
航空摄影的飞行	
决定航空摄影装备及材料选择的参数	
附录 A. 控制象片影象质量的因素分析	
附录 B. 为特殊目的摄影时的某些考虑	
附录 C. 水下物的航空摄影	60
第二章 象片判释的基础	68
緒 論	68
物体在象片上的影象	69
象片判释技术	75
象片判释的视觉要求	84
立体视觉 (85) 彩色视觉 (88) 人的视觉缺陷 (88) 照明 (92) 象片判释者应注意 的问题 (92)	
象片判释的活动	93
象片判释的数学	98
光学基础 (98) 垂直摄影 (100) 倾斜摄影 (110)	
象片判释的仪器设备	114
观察设备 (114) 量测设备 (120) 轉輪碎部的设备 (129) 糾正仪 (131) 灯 (132) 其他设备 (132)	
第三章 地质学的象片判释	138
基本的考虑	138
地貌学	139
岩性和地层的判释	191
构造地质学	226
象片地质学的方法	244
地质制图	265
在矿产勘探中用到的一些特定方法	275
在象片地质学中的彩色摄影	276
第四章 土壤的象片判释	278
基本考虑	278
影响土壤象片判释的因素	279
土壤科学中象片判释的方法	282
受过搬运的和残积的土壤象片判释	287
风积土 (288) 冲积土 (297) 冰川土 (312) 残积土 (322)	

日航空象片作为野外地区土壤制图资料的比较分析.....	338
.....	344
.....	344
.....	345
概念	345
象片判释	347
象片判释中的地貌判释	354
象片判释的野外辅助	359
工程领域内的象片判释	362
公路 (362) 交通工程 (370) 电力线路 (375) 管线 (376) 坝址 (378) 防泛	
建筑 (381) 有关工程地貌判释的实例摘要 (383)	
附录 A. 象片判释在划定加利福尼亚州浅层地面沉降地区的辅助作用.....	383

第一章 航空摄影

編者 R. N. Colwell

航空摄影的飞行

日益增多的象片判释者，正覺得最經濟、最快而最滿意地获得航空摄影的方式是自己去飞行，特别是如果摄影的地区不大而不要精密的象片量测时。他們所取得的象片质量，按其所利用的装备及操作设备而变化。这种“自己作”的摄影，将最适宜于判释目的，但不能用以来作精密的航空摄影测量工作。如果一个大地区的摄影，必須达到严格的规格，則以一个專門的航空摄影者来作为較佳。

适当质量的象片，可从一个輕型飞机上，用手持摄影机摄取。由于旁向傾斜 (Tip)、航向傾斜 (tilt)、航高微变及航向重迭和旁向重迭所引起的問題，对于象片判释者較之航测工作者关心的少。一个 K-20 或其他航空摄影机，比慣用的地面摄影机較为可取。航空摄影机安装軟片卷，容許摄影者于短时间的飞行中摄取象片。另外它坚固的全金属机盒較之地面摄影机的易碎可折迭的鏡箱更好，特别是当摄影机在輕型飞机上摄取傾斜象片之际，受空气湍流的袭击时为更佳。

在 K-20 及地面摄影机上的負片大小都仅为 $4'' \times 5''$ 。如果只作孤立的判释，这就足够大了，但是如果要求多航綫的制图，較大的負片是更为可取的。負片尺寸为 $9'' \times 9''$ 的 K-17 摄影机，可装置在某些較大的单发动机的飞机上，甚至具有 9×18 吋象幅的摄影机，有时也被“自己作”摄影者所使用。直升飞机以及定翼飞机作航空摄影机的台架，在业余航空摄影方面，每每要求不要精細而要迅速判断，特别是当摄取傾斜象片时，正在变为普遍的了。(Colwell, 1956a)。

摄影任务的設計

当待摄影地区已經定界，装备和材料已經获得时，应当仔細地将任务設計之。讓我們假想图 1，是一幅要作单镜头垂直摄影地区的略图。待摄影的地区于此图上画有斜綫。以短綫标示出规划的边界；矩形的长边为飞行方向。比例尺及其他规格决定于摄影的用途。第二章包含有象片判释的数学討論，已知欲求的比例尺及前后左右的重迭数，依数学可算出航綫間隔。如果飞两条航綫可滿足规格，則此二綫可画成如图 1 的間隔，与规划的边界平行。飞行方向及二航綫的轉弯也在图上示明。所要求的曝光数及二次曝光間的时间間隔也应計算出来；其計算的方法，在以后連同图 17, 18 及 19 一齐解释。

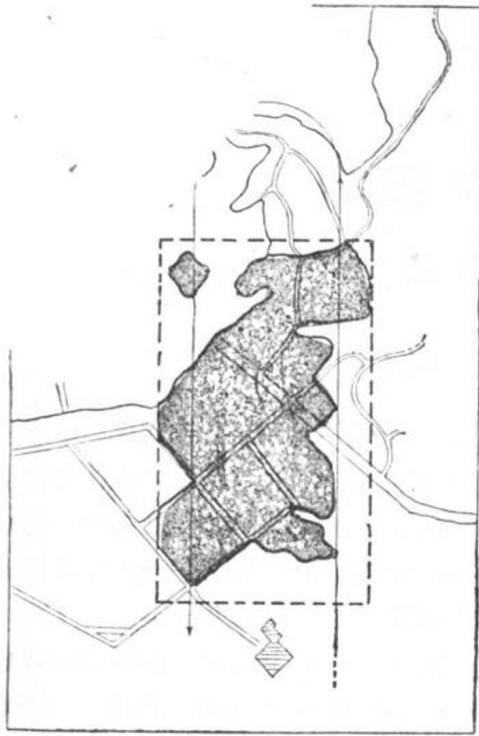


图 1 摄影任务的设计。摄影该地区所用的航线图，在图 2 - 6 中示之。阴影表示所要摄影的地区

摄影任务的执行

飞行，图 2 及 3 表示飞机在曝光时的各种状态。图 2 设想没有横向风；图 3 设想有一东向风。每一象片所盖的面积，以及在图上所绘的前后左右重叠量，应于立体观察中研究之。

一般领航员在他距必须作第一次曝光的地点，至少尚有一哩之际，即要努力对正他的航线。沿航线的航行，乃是以直接飞过预先选定的、并绘在显示每一航线的图上用肉眼可看见的检查点来作的。如果在摄影飞机上前向的视界良好，检查点直接用肉眼观察是可能的，即使由商业企业所作的航线飞行，一般都具备了光学设备，如视差仪，轰炸瞄准器，及检影器或甚至无线电导航设备如“绍兰”(Shoran)。

当摄影之际，领航员要尽力维持直而水平的航线。如果使用间隔器 (Intervalometer) 在某些预定的时间段上，以进行连续的曝光，则在二次曝光之前 1 或 2 秒

钟，在机舱尾座中即闪出红色信号光，以便领航员在看到此光时，即加倍努力于依次的短时间内以维持飞机的稳定性。

摄取象片：如果希望立体覆盖，象片应当用一种保持在各种地面速度及高度上，影像模糊小到可允许 (图 18、19 及 20) 的快门速度，在适当的时间段上摄取之。

在摄取立体象对第二张象片之中，摄影者应当小心，以使摄影机的光轴与其第一张象片摄取时的位置平行。在飞行垂直摄影时，这是简单地以恰在每一曝光之前，使摄影机水平来完成的。在飞行倾斜摄影时，当飞机维持成直线而水平飞行之际，将摄影机于整个飞行过程中，对于飞机保持相同的角度。如果在倾斜象片上所关心的目标分布在从前面到后面的整个视野内，则摄影基线必须要较所关心的目标仅在后面者所许可的为短。在低空摄影中，飞机速度及其距待摄影点的距离，取决于快门速度，而且应当用最短的可能曝光时间，以防止由于摄影机运动而生的影像模糊。

对于初学者，判断摄影曝光的最好办法是用露光表，即使有经验的航空摄影师，也大可信赖露光表的读数。如果不用滤光镜及不出现干扰的雾，或者如果被摄影的物体有均匀的色调及反光，由露光表所提示的曝光数值可以应用，不必改正。但是这些条件是很少得到的，许多老航空摄影师，仅根据经验来作他们的曝光估计。相

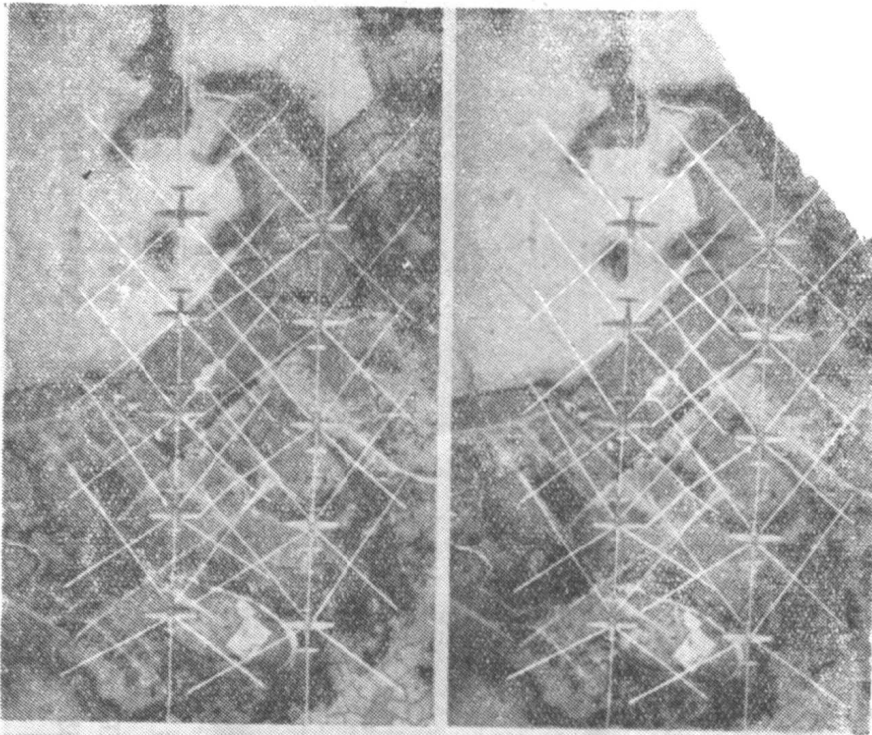


图 2

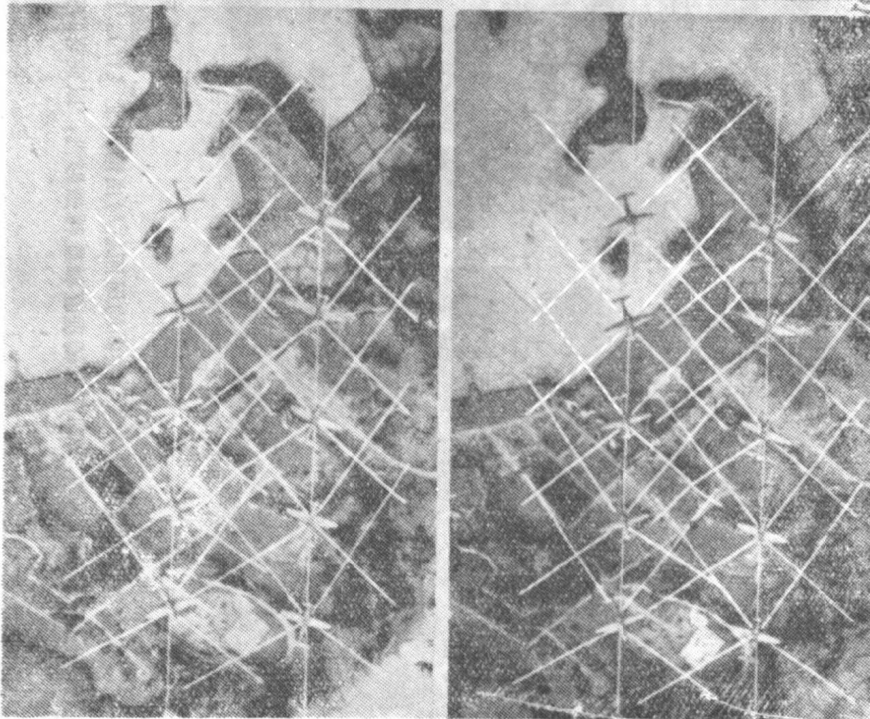


图 3

图 2—3 摄影任务的执行。表示在曝光瞬间飞机在空中的状态和位置的立体对。射线表示每一曝光所覆盖的地上面积；注意航线中的航向重迭及航线间的旁向重迭。图 2 的立体对假想没有横向风；图 3 立体对假想有一东向风，领航员及摄影师曾作了必要的修正。本图的判释当一立体镜进行研究就大大地容易了

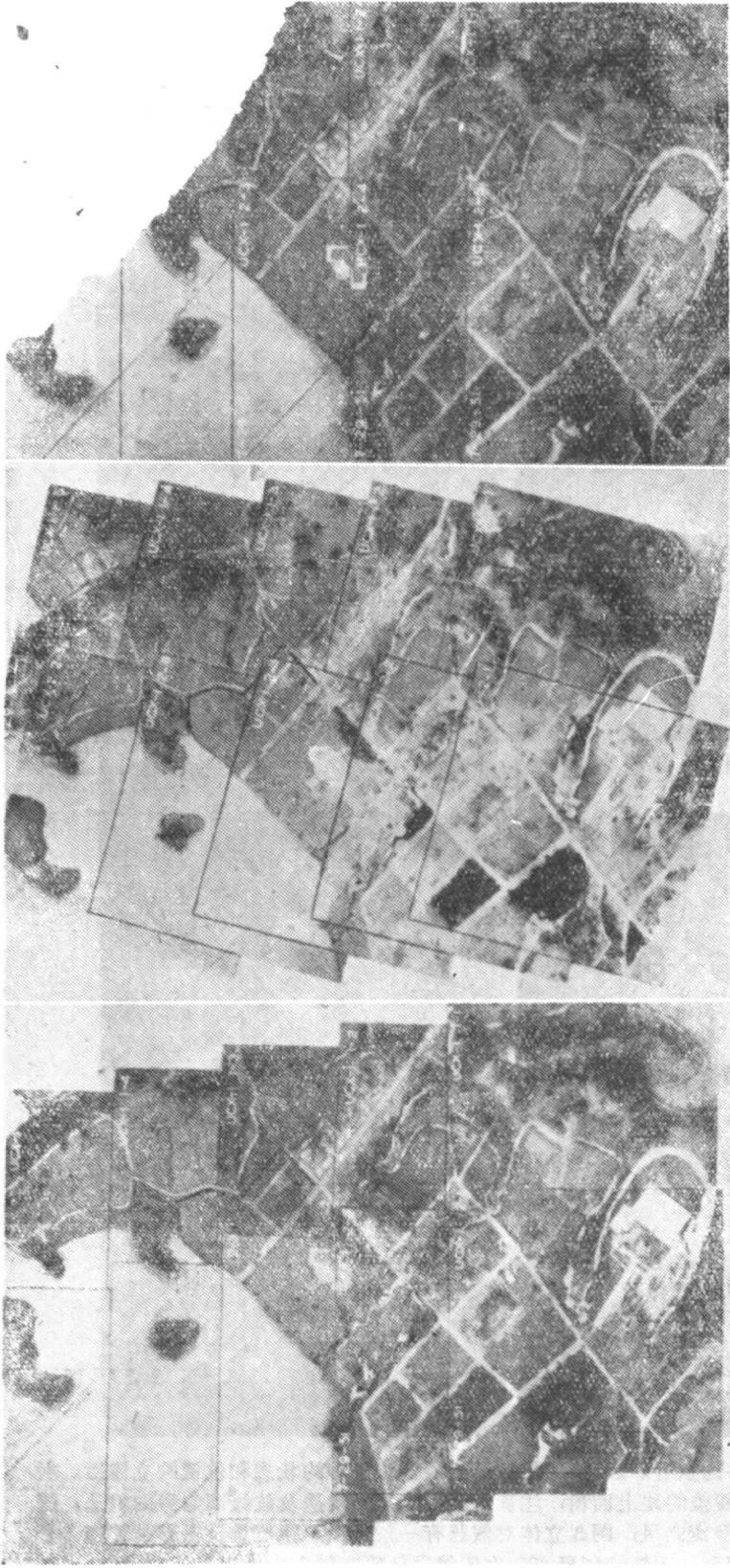


图 4

图 5

图 6

图 4—6 审查象片成果（假想有一东向的风而航线由南向北飞行）。图 4：领航员没有作偏流改正，但摄影师未作航偏角改正（即没有绕垂直轴旋转摄影机，以使它的边与航线平行）。图 5：领航员及摄影师都作了必要的改正，

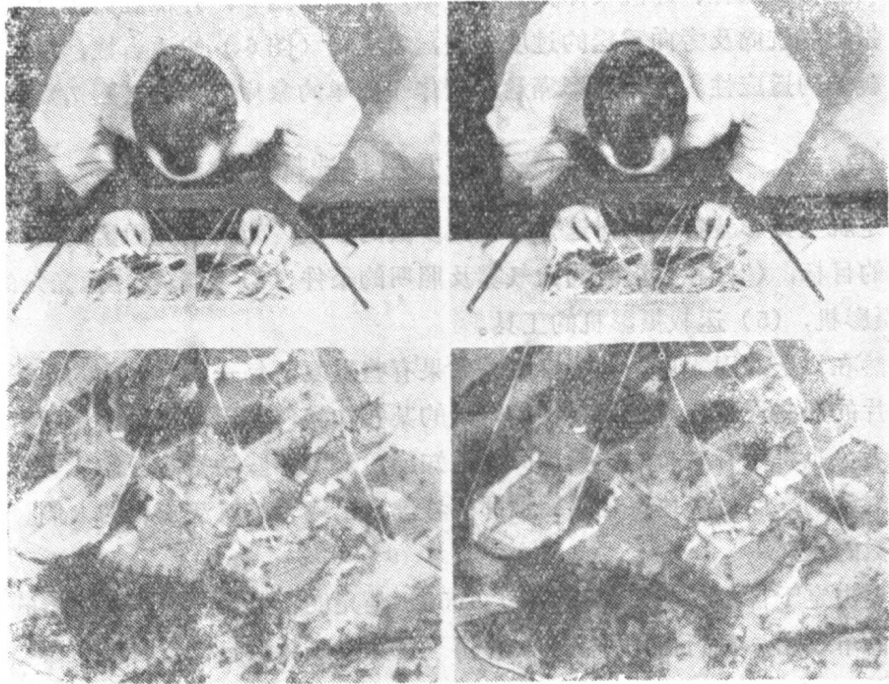
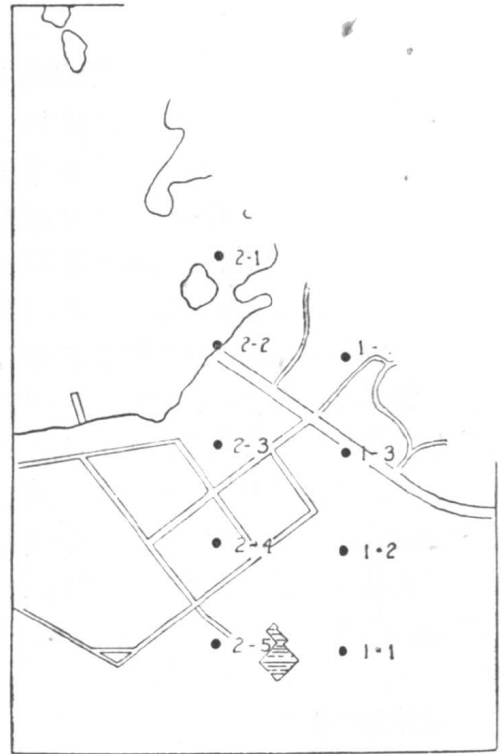


图 7 作象片索引图。左上：任务完成良好的索引镶嵌图，表示每一次曝光所盖的面积。右上：一个简单的、快速作成的象片拼图。每一象片中心的图上位置用一黑点表示，而后注以航线号和曝光号。象片索引图的主要目的，在告诉象片使用者，他必须取得那一张象片，以便立体地研究地面的某一特殊部分，如下面的立体图所示，曝光号 2-4 在判释者的左边及 2-5 在他的右边。由这些象片的每一张所覆盖的地上面积，及在此立体模型中可立体地见到的重迭部分，由射线表示之。当以一立体镜研究时，下图的判释就大大地容易了

顧到物体的明亮度与軟片的感光性能。在图 19 中所示的
r 定的环境中，决定正确的孔径。

是选择对于某些目标的判释，給以欲求的色调反差的那些光
光鏡。滤光鏡的改正，可直接加于露光表的讀数上。雾反射光
弱了某些透过至地面物体的光綫，并可使摄影师过多估計物体的反
故，在有雾的天气中，特别是如果摄影面覆有森林，曝光不足是常見
收許多光綫，而阴影地方很暗。

荒野地区的象片，必定要摄取一寬带的反射光綫。在一单航綫上，摄影机可能
摄取具有低反射的林木、曝露的岩石或有很高反射度的雪、及中等反射度的物体
如水、草、空地，以及砾石或砂。不是一次曝光安置，对于所有这些物体都正确。
在全色的及紅外綫感光的（黑色的）軟片上，在一条航綫內不用改变曝光，可以得
到滿意的結果。彩色片可以接受的曝光限度是很小的；如果摄取彩色象片，則透鏡
的孔径，应当由直接的观察，或是由一自动的扫描器，尽可能地随反光量的变更而
变化。

象片的检查

当已經摄影飞行、冲洗及印出时，将象片汇集如图 6，并检查覆盖及质量。应
当观察摄影的航向及旁向重迭的过度偏差，或偏轉（图 6）的适当性，以及色调、
亮度及視差的适应性。如果摄影滿意，須作一简单的象片索引图（图 7）。

决定航空摄影装备及材料选择的参数

决定航空摄影装备及材料选择的絕大多数的参数，为下面的因素的函数：（1）
待摄影的目标，（2）在摄影时的大气雾及照明的条件，（3）摄影軟片滤光鏡的組合，
（4）摄影机，（5）运載摄影机的工具。

虽然在以上的因素中，某些参数的效果有些重复，每一参数影响的討論，对于
获得象片的那些人可能有帮助。討論得出的某些知識，对于即使仅应用現有的象片
的判释者，也将是有意义的；較多一点的知識，对于那些欲簽訂新的摄影合同者，
将是有兴趣的；而更多地将是照顧到那些考虑自己飞行的航空摄影的人們。

参数的定义

主要决定于目标的参数（Bousky, 1959）是亮度、反差、覆盖及透鏡的清晰度
（为了簡單起見，我們在此討論中，将用“目标”一語以包括点目标及面积目标二
者）。

亮度为从目标反射来的光量，以呎-期伯量测之。在航空摄影中，它的变化范
围，正常的是从 100 到 1,000 呎-期伯。

反差是目标上由亮到暗的亮度比，而以此比值的常用对数表之。在实际的目标
上，并用对 $r=1.4$ 还起作用的记录軟片，在良好的情况下，它的变化范围，正常地

从记录开始约 0.025，至在高空约 0.3，及在低空约 1.0。在计算中，可用高空约 0.1 及低空 0.3，作为平均值。

覆盖是摄影机所跨过的地面距离。“旁向”覆盖是指与航綫方向成正交的距离而以呎量之；“航向”覆盖是指沿航綫的距离，以英里計。

透鏡明晰度为能在象片上显出的最小目标的大小，以直綫呎量之。因此有二类明晰度——“可察觉的”及“可辨認的”。

主要决定于大气雾及在摄影瞬間的照明度的参数，为产生雾的微粒的大小，产生雾的微粒的密度，以及太阳高度。

在大气中許多产生雾的微粒，是在符合瑞利 (Rayleigh) 定律的大小范围以內。瑞利定律說，在大气中的光的微粒散射量，与光的波长的四次方成反比。这就說明为什么传统地摄取全色航空象片，用“負藍”滤光鏡，以滤去过多的，以致损坏象片明晰的散射短波光。这又說明了为什么，在紅外綫邻近波长(相对长的)中摄取的象片，能够較佳地穿过雾，即使在阴暗的日子，也能給出清晰的象。但是，在大气中产生雾的微粒，常常不在完全符合瑞利定律的大小范围以內。这样的微粒，关系于航空摄影的性能，載于 Middleton(1949) 的文章中。其他的有关的論大气雾的研究，曾由 Hurlbert and Tousey(1948, 1949), Coleman(1948), Duntley(1946, 1948 a, b) 及其他的人发表过。

显然的，在大气中产生雾的微粒的密度愈大，則散射就愈大。这就是为什么仅允許少量雾的航空彩色摄影，而在沙漠地区比其他地区，有更大的前途，无可疑惑的主要的理由之一（在沙漠地区，大气中的烟、尘及水气是相对的少）。

太阳高度是太阳在地平綫上的角度。在航空摄影师之間有一种傾向，太阳高度愈大，則摄影就愈好。在許多情况下这是正确的，因为极少的地面碎部被树、悬岩及樓房的影子遮蔽。但在另外的情况中，經驗証明，有某些不是极大的太阳角度宜于最好地揭露必須辨清的微小碎部（图 8 及 9）。

在特定摄影任务中必須利用到的，影响摄影軟片滤光鏡組合的参数，是軟片的光譜灵敏度，滤光鏡的透光率，待辨別物体的反光率以及大气中的产生雾的微粒的光散射。另外軟片的速度及微粒特征，有时也是极重要的参数。

軟片的光譜灵敏度，在航空摄影中最常用到者为由图 10 及图 51 的下面表示之。

图 11 中图解表示出航空摄影中常用到的滤光鏡的光譜透光率。

物体的光譜反光率，与先前对于目标討論过的参数相关。但是，此地我們关心的，是在光譜每一部分中被反射的光量。在选择对于一特定目的軟片滤光鏡組合中的这一参数的应用，将于下节与图 21 A 一块闡明。

决定于摄影机的主要参数，包括象幅大小、焦距、傾角、相对孔径、影象运动的补偿及軟片的供应。

象幅大小为摄影机在焦面的开孔的长度及寬度。因而，事实上，它們也是象框

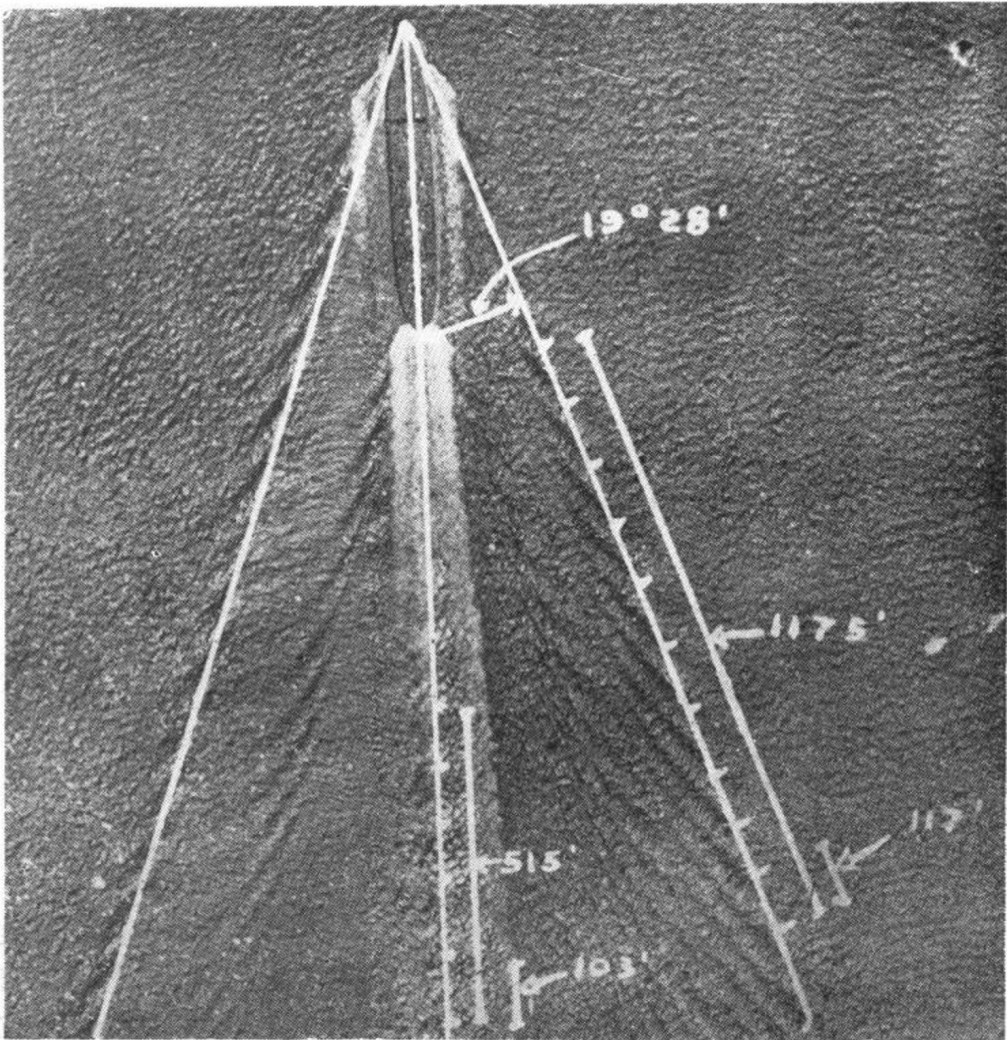


图 8 太阳角度成为取得满意摄影的关键的一例。这个摄影的对象，是说明具有充分明晰度的船头波及船尾波系，以使得象片判释者能确定船只的正确速度。用 Lord Kelvin 发明的原理为根据，作出的经验表明，象片判释者可十分精确地，或从船尾的波间隔（此例中为 103 呎）或沿 $19^{\circ}28'$ 的对角线（本例 117.5 呎）决定船只的速度。二法均给出此船只的速度每小时为 13.5 哩。在绝大多数没有注意太阳角度所摄取的象片上，波系不是充分明显，以允许作此决定

的大小。取决于摄影机相对于航线的安装方向，此二种大小已知为“旁向的”及“航向的”。绝大多数的摄影机，皆造成正方形的象幅；在美国，常用的正方象幅的大小为 2.25，4.5 及 9.0 吋。两个普通用的军事摄影机，K-38 及它的前身 K-18，具有矩形的，9 × 18 吋的象幅，图 12 中所阐明的，对于某些军事及民用目的上，是很有用的。

焦距为从摄影机透镜的后节点起，至在航空摄影机中所用到的整个象场上的最佳平均明晰度的平面，沿透镜光轴所量测的距离。在美国，最常用的焦距为 6，

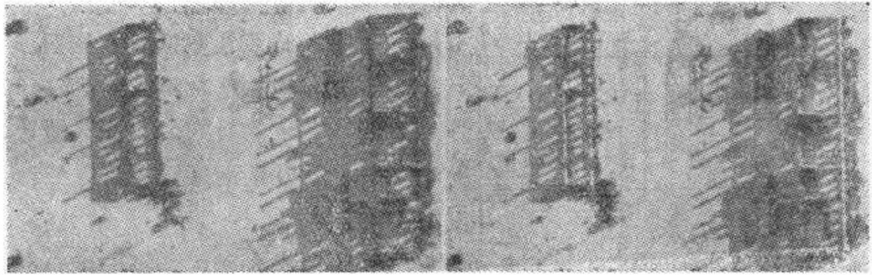


图 9 借阴影进行象片判释，太阳角度是最宜的例子。即使当立体地研究这些象片时，如果影子细节不是如此有利，象片判释者 (a) 不能判释标志楼房性能的无数烟囱；(b) 错判释每幢楼的层数；(c) 忽略每一主楼的屋顶，甚至右边建筑物的二层楼都看不见

8¹/₄，12，24 及 36 吋。既然象片比例尺乃由焦距与航高之比而定 (第二章)，少数的很长的焦距的摄影机，曾经由军事机构发展起来，以提供即使从高空上，也能得到满意的大比例尺象片 (图 13)。这样的摄影机，对于在从极远的倾斜距离上所摄取的倾斜象片上，辨别碎部也是有用的，且早已被提倡用于地球及其他天体的人造卫星勘探。

倾角的定义是摄影机对于水平面的安装位置，及摄影机透镜光轴与此面所成的角度。在最一般的情况下，是摄取垂直航空摄影，从而倾角为近似于 90 度。

相对孔径为焦距对透镜孔径之比，常用来以标示透镜“速度”，它以 $f/\text{光阑数}$ 表之。

影象运动抵偿 (IMC)，为在摄影机中的软片，在曝光时的运动速度；它是与影象的航向运动同步的。它通常是以每秒中的吋数来量测。用影象运动抵偿来选择一摄影机时，此种参数的极小及极大值，应该相对于有待飞行的任务的要求而定。当地面的物体是在运动中，即使用影象运动抵偿，也不可能以相对于它们的周围物体于正确透视关系来记录它们，特别是当立体地观察它们的时候。如图 14 中所阐明，它们的运动，给予它们一种人为的视差，使得当立体地研究它们时，看来位于地面之上或插入在地面之下。

软片供应为摄影机 (或暗匣或干板匣) 中卷轴上的软片长度，通常以呎量之。美国航空摄影机的标准软片长度为 100，250，500 及 1000 呎，后二者主要是为军事用。

主要取决于摄影机载运工具的参数，为其速度、高度、偏流差、旋转的不稳定性、振动以及摄影作业的距离。

速度，所用的仅属于飞机的地面速度，平常或以哩/小时或呎/秒表示之。

高度是高出地面的距离。速度高度比 (V/H) 也是航空摄影中的一种重要参数，决定在焦面上影象运动的角速度，以弧度/秒或哩/呎表之。在倾斜摄影中，如图 16 所阐明的，它是从摄影机至关系于角运动的临界目标的倾斜距离。

偏流差是航向与方位之间的角差，以度量之（见图 5）。

旋轉不稳定性包括左右搖摆 (Roll)，前后顛簸 (Pitch)，不成直綫飞行的航偏差。为了我们的目的，我們只需考虑公认的极大搖摆及前后顛簸率，以每秒若干弧度表之。

在摄影露光瞬間，摄影机的振动，直到最近才被某些权威认为是最限制航空摄影影象质量的因素。但是，对于阻止这种振动的滿意方法，現在已經导出。以下这些参数在特定的航空摄影問題上的应用的討論中，将設想摄影机的振动，已經如意地防止，而无須再作考虑了。

摄影作业的距离为要求摄影活动所越过的总的地面直綫距离 (图 4 及 5)。它等于总的航向重迭，一般以哩計。

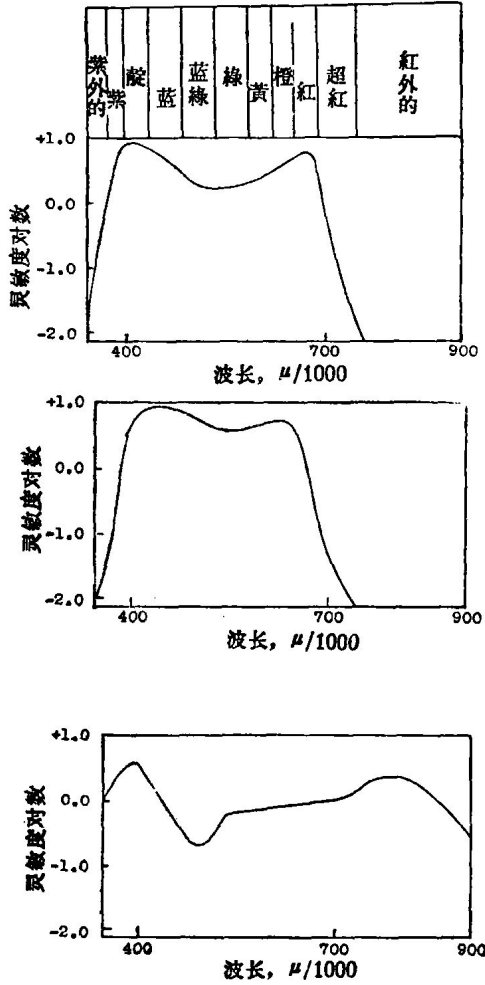
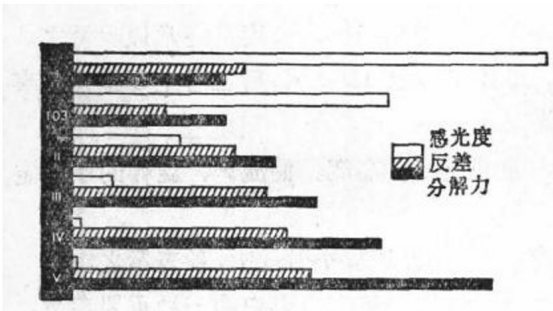


图 10A 表示三种通用的黑白軟片的光譜灵敏度曲綫。也参見图 10B 及 10C 及 Tarkington (1959) 的文章。对于彩色片的灵敏度数据見图 10D 及 51



乳剂类别，I 类有由近代乳剂制作法所提供的最大感光度，中等反差 (γ 約大于 1)，对于 20:1 反差的实验类型分解力約为每毫米 60 条綫。以此作为基础，图上指出 I，103，II，III，IV 及 V 类如何差别。另外有：649 类——最高分解力。Ia 及 103a 各与 I 及 103 相似，但是对于低光强度及长时间的曝光有更較高的感光度

图 10B 对于各种摄影乳剂，根据其感光度，固有反差及分解力的数学指示图

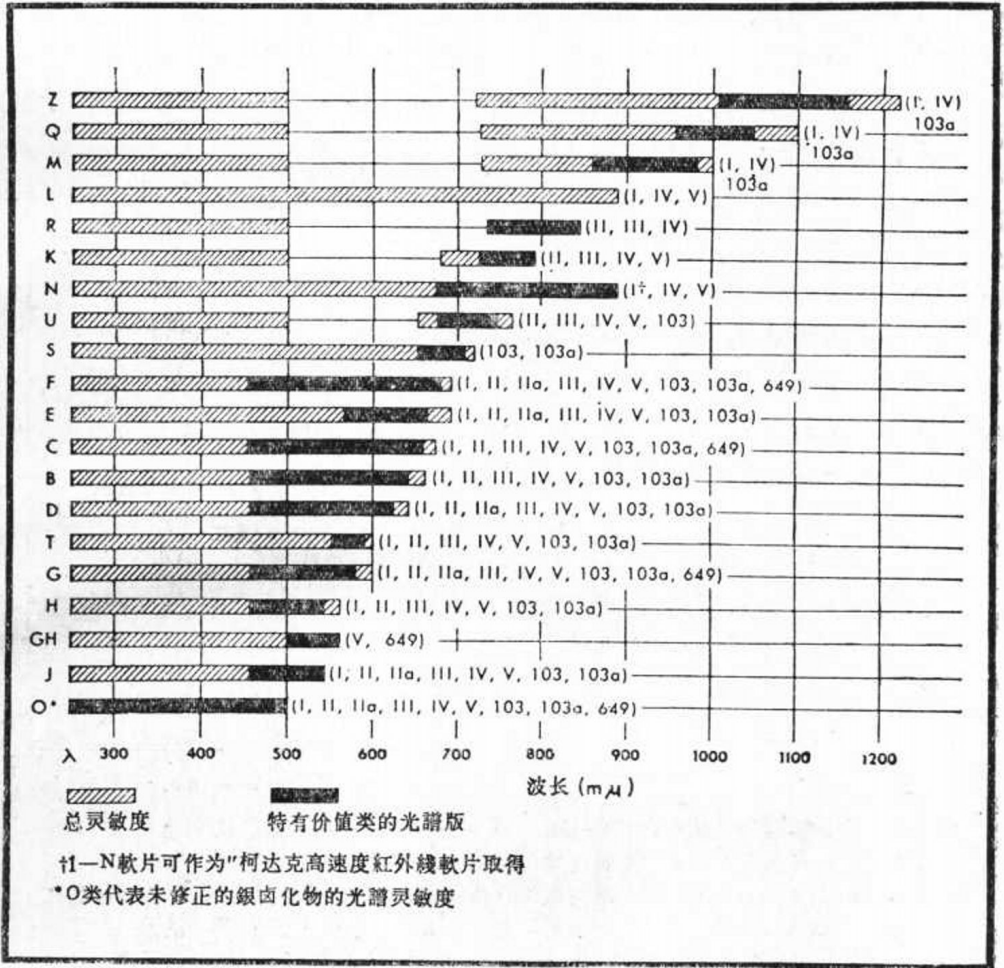


图 10C 根据总的光谱灵敏度,及特有价值类的光谱段的各类“感光”的文字指示图。此外,此图表明乳剂类别(见图 10 B),其中可提供每一类的感光。这些可供利用的“光谱”乳剂有 100 种以上。虽然他们中的许多为天文学者所用,而目前为航空摄影师所用者仅是少数。任何一种所希望的光谱乳剂,可用一组数字及文字,即 103-T, I-G 订购

参数的使用

为了对于一特定的航空计划,选择最适宜的装备及材料,演算全部这些参数会是很麻烦的。用本节所述的诺谟图及图解,可节省许多时间。

图 17 表示一曝光时间的诺谟图。此参数取决于光学透射、相对孔径、滤光镜系数、目标亮度以及乳剂的感光性。如果对于这些参数中的任何一个,没有合理的正确值为已知,可取一近似值或者可定出两个极限,对此二者而将问题解出。当未用滤光镜时,滤光镜的系数作为 1。

诺谟图使用如下:

- (1) 由光学透射值至相对孔径值作一直线,延长至参考线 I;

- (2) 由此参考綫的交点，过滤光鏡系数值作一直綫并延长至参考綫Ⅰ；
- (3) 由此参考綫的交点过亮度值作一直綫，并延长至参考綫Ⅲ；
- (4) 由此参考綫的交点过乳剂灵敏度值作一直綫，并延长至最末的尺，于是在此尺上讀出曝光時間。

图 17 表示出假設下面的数值的一个例題：光学透射为 0.785；相对孔径为 $f/5.6$ ；滤光鏡系数为 2；亮度 300 呎朗伯。对这些值的曝光時間为 4 μ 秒或 1/250 秒。

如果为了某种理由，需要較諾謨图上所示的还短的曝光時間（即当飞行沒有影象运动抵偿的大比例尺摄影时），可用同一諾謨图，以求一更适当的明亮度值。重复

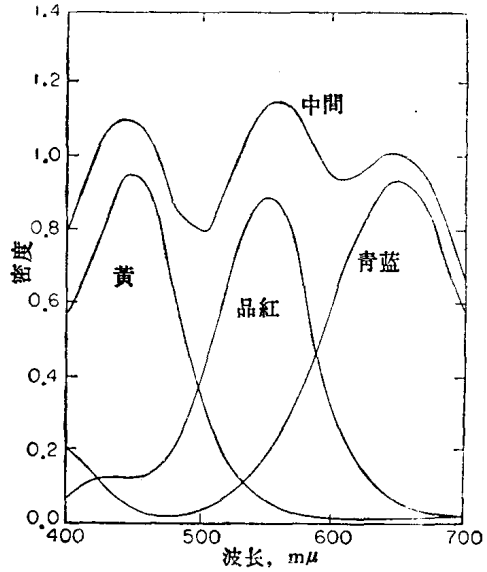
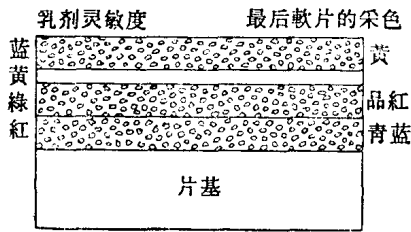


图 10D 左：多层彩色軟片的图解表示，表明三层的每一层中所生的彩色及感光度。（在乳剂灵敏度下面的“黄”是黄色滤光鏡层）。右：在多层彩色軟片如柯达克艾克打彩色（Kodak Ektachrome）航空軟片（高反差），一般認為艾克打航空彩色片（Aerial Ektachrome）中，所产生的彩色的，有代表性的分光曲綫。在透明物体中所生的彩色为当冲洗之际，軟片中所形成的三种顏色的某种組合。在作此图中，选择以作量測的顏色浓度，乃是那些产生一种中間浓度为 1 者。由中間浓度綫所代表的每一浓度，是三种个别顏色的每一种在特定的波长上的吸收之和；即中間浓度乃由三顏色的正常量的混合所形成，此种中間性的結果分光曲綫，直接关系于所用的三种个别顏色的分光曲綫

上述的手續至参考綫Ⅰ。于是以由曝光時間尺上讀出的必須曝光時間开始，运算員反向操作以求亮度尺上的适当值。

图 18 为一求目标明晰度的諾謨图。此参数取决于許多因素，包括速度、航高、焦距、静态分解、反差、偏流差、前后顛簸率、左右搖摆率及曝光時間。諾謨图使用如下：

- (1) 由諾謨图 A 节中的焦距值开始，至航高值作一直綫，与参考綫Ⅵ相交；
- (2) 由航高值过速度值作一直綫并延长至下一条給出角影象率 (V/H) 的标尺上。下一步取决于是否用了影象运动抵偿；
- (3) 如果用了影象运动抵偿，由 V/H 值过偏流值作一直綫并延长至給出改正影象率的下一标尺。（如果有偏流差改正則此直綫应通过偏流差尺的 0）。将改正后