

成都工学院图书馆

373424

基本馆藏

测制1:10000和1:25000比例尺地形图时

航空象片的地形调绘

[苏联]Р.И.沃利佩 Н.С.波多别多夫 著

赵友茂 刘蘊仁 译

古振今 錢志瀚 校

中国工业出版社

原 序

航摄像片的地形調绘工作，是根据航摄資料編制地形图工艺过程的重要组成部分之一。但是在已出版的测绘书刊中，对此問題的阐述注意不够，而航摄像片調绘方面的专门参考书，直到目前还没有出版过。

本书可供地形測量員和从事于航摄像片調绘工作的制图員，航測生产单位的編輯員和学习航空摄影測量及地形制图专业的学生們使用。

因此，本书內容的章节是按照地形測量规范的次序加以說明的。

在編著本书的过程中，我們参考了1960—1961上半年苏联測绘总局关于航摄像片調绘和地形图編輯的各项問題的补充指示。

由于苏联境内地理条件非常复杂，因此不允许詳細地对每个地区特有的一些地物和地貌元素的調绘特征一一加以論述。今后打算出版一批有关苏联境内广大地区地形調绘的图文并茂的参考书。

目前在航空測量的地形調绘工作中，主要采用黑白全色航摄像片，因此本书的主要部分是叙述这种像片的調绘。

利用多层彩色和光譜彩色航摄像片进行地形調绘的可能性，以及这两种彩色航摄像片的相对优点，在这里仅作了簡要叙述。希望詳細了解这类問題的同志，可參看Л.М.戈里德曼同志的著作^①。

为了閱讀方便，在插图中把調绘过的航摄像片褪去了摄影影像，并旁边加印一张原航摄像片。

本书前几章为H.C.波多別多夫同志編写，从《1:10000和1:25000比例尺測图地形調绘的方法和組織工作》这章起是由Р.И.沃利佩編写。

Р.И. 沃利佩
H.C. 波多別多夫

① 本书参考文献[19]

3A 30511

目 录

原 序	
緒 言	1
航摄像片地形調绘的实质	1
对地面进行航空摄影的一般知識	2
航摄像片上地面目标影像的基本特性	6
选择航摄比例尺和航摄時間的基本要求	15
航空摄影資料的一般特性	18
航摄像片調绘时所使用的仪器	29
三层彩色航摄像片和光譜带彩色航摄像片的一般特征	24
三层彩色航摄像片和光譜带彩色航摄像片上某些地物的判讀标志	26
編制1:10000和1:25000比例尺地形图时調绘工作的組織和實施方法	29
1. 准备工作(29) 2. 野外地形調繪(35)	
大地控制点和天文点	59
居民地和独立建筑物	51
野外地形原图上的居民地名称的注記	68
工业、农业和社会文化事业的設施	71
道路网及其附屬建筑物	88
1. 鉄路(88) 2. 汽車、大車路和低級的道路(100)	
水上运轉建筑物和水利工程建筑物	129
水 系	132
1. 概述(132) 2. 海洋(134) 3. 河流(135)	
4. 湖泊(149) 5. 水庫(152) 6. 运河、沟渠和天然水源(157)	
7. 水系地物名称注記的蒐集及其在野外原图上配置的某些特点(161)	
地 貌	162
植 被	180
1. 概述(180) 2. 乔木植被(183) 3. 灌木植被(201)	
4. 半灌木植被、草本植被、藓苔植被和地衣植被(205)	
5. 农作物(212)	
土壤、沼泽、盐沼地和微形地貌	217
植被、土壤、沼泽和盐沼地的名称注記	236
境界和垣柵	237
1. 境界(237) 2. 垣柵(240)	
参考文献	241

緒 言

目前，作为地球表面考察方法的航空摄影，在各种科学技术部門的应用日益广泛。这首先是因为，利用航空摄影能在短期内完成大面积和难于通行地区的地面考察工作，且能大大地节省国家的物力取得相当精确的可靠的資料。可以毫不夸张地說：航空摄影是人們研究各种自然現象的有力工具，因为这些地方对于地面考察來說，往往是难以接近的。

航空摄影对于編制地形图的工作，具有更为重要的意义。目前，世界上絕大部分地区都是利用航摄資料来編制地形图的。

航摄像片地形調繪的实质

地形調绘，就是在航摄像片上識別地面各种地物和目标，并用地形图图式符号表示出来，以及确定其质量和数量特征的过程。

根据調绘这一概念的定义来看，显然，它應該包括：地面上各种地物和目标的研究（地形图內容的自然要素和社会經濟要素），确定它們在航摄像片上摄影构像的特点，并根据地形測量规范的要求用相应的图式符号描绘出所选定的地物和目标。这里还应补充一点，在地形調绘的过程中，有时在像片上没有影像的地物也要測绘到航摄像片或像片平面图上，对于調绘的地形图內容諸要素还要进行取舍和綜合。地形調绘的可靠性是由多种因素来决定的。这里可指出下列几种：

1. 航空摄影的現时情况适应性；
2. 航摄像片的比例尺；

3. 摄影影像的反差;
4. 空中摄影时地物的光照特点;
5. 该地物相对于其他地物所处的位置;
6. 摄影地面的外部特征;
7. 航摄材料的特点;
8. 调绘员在航测外业和地理知识方面的修养程度;
9. 调绘的时间。

对地面进行航空摄影的一般知识

我们知道：对地面进行的空中摄影，或称航空摄影，通常是在晴期的日子里，即在阳光普照大地时进行。地表面的照度主要决定于太阳距地平线的位置和天空云气的浓度。

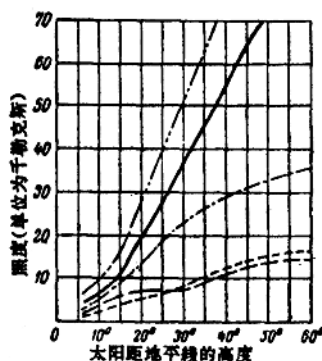


图 1 云天和晴天太阳距地平线的高度与照度的关系

- 高积云，阳光曝晒下
- 无云，阳光曝晒下
- · - 高积云，阴影之内
- · — 密集云（阴天）
- 无云，阴影之内

太阳光，一部分被大气吸收，一部分在大气中散射。

当太阳处于天顶位置时，在同温层内的水平面上的照度为 134000 勒克斯，而靠近地表部分的照度则为 98000 勒克斯。由此可见，在这种情况下已有 36000 勒克斯的光散射和被大气吸收。

阳光散射部分的增大，决定于太阳接近地平线的程度和天空有无积云（图 1）。而太阳距地平线的高度又决定于摄影地区的地理纬度、摄影季节和一日中的时间。从（图 2）中可清楚地看出一日中的时间

与照度的关系。阴天的地面总照度与天空无云时阴影部分的照度大致相等。

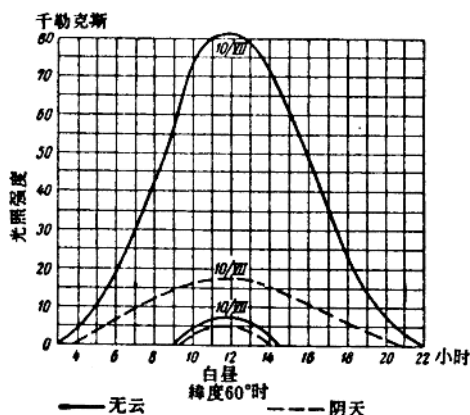


图 2 周日照度变化曲线

对于一天当中应何时进行用于地形测图的航空摄影为最适宜的问题，所作的研究表明，如测区为平原，则当太阳高度不低于 15° 时，任何时间都可以进行航空摄影。但是大家都认为，上午总比下午好些，因为上午摄影景观的影像比较柔和。除此之外，上午空气也比下午清洁。

光散射经常造成大气濛雾现象，濛雾不仅影响地物的真实亮度，同时也将减少地物与背景间的亮度反差。

在一定条件下，航摄软片感光层所感受的光照总量即称之为地物亮度。

自然景观中，不同的地物具有不同的亮度，因为绝大多数地物都是将阳光朝着不同的方向并且不均匀地反射出去。因而，从这些地物将有或多或少的似镜面反射的光线投射到散射光线中去。

在普通的黑白像片上，两个不同亮度的地物在摄影影像上所

反映的密度不同的。摄影影像两相邻碎部点間的光学密度之差，叫做黑度差：

$$\delta = D_1 - D_2.$$

这一式子表明：当地物亮度与背景亮度相等时，观察者的眼睛便不能区别航摄像片上的地物，并且无法进行調绘。

实际上，我們凝視地物时往往可以看出有些地物較亮，而有些地物較暗。正是由于有这样的亮度差别，人的眼睛才能将每一地物从其周围的背景中識別出来。

因此，由于地物和背景的亮度不同而造成的所謂反差，是具有重大实际意义的。我們用眼睛能区别地物的最小反差，称之为极限反差。由此可見，地物的极限反差决定于每个观察者配带观察工具时的視力，而反差則取决于每个被研究地物的本身特性。因此，反差大于极限反差时，該地物在航摄像片上即能看出，否則地物在像片上便不能区别。

这一关系可用下式表示：

$$K = \frac{A_0 - A_\Phi}{A_n} \geq \epsilon,$$

式中 A_0 ——地物黑度；

A_Φ ——背景黑度；

ϵ ——視力极限反差。

从上述公式中可看出，对于绝对反差的物体， $K=1$ ，而对于根本没有反差的物体 $K=0$ 。

微小地物的調绘辨認性，不仅决定于其本身的大小和极限反差值，而且也决定于它們的形状。此时，地物影像的长寬之比具有重大的意义。例如，当其比值接近 1 时，地物影像的寬度为 0.15 毫米时才能辨認出地物形状的特征。当比值甚大时，則地物影像寬度为 0.08 毫米时就可以辨認出来。在光照最好的条件下，寬度为 0.03 毫米的黑白綫即可区别出来。

航摄像片上地物外部特征是否能表現出来，决定于航摄影物鏡的分解力、乳剂层的分解力和地物的光譜反射的性能。

測定分解力的方法是察看在 1 毫米寬度的影像內能區別出多少根黑綫和白綫。物鏡的分解力在視場中央部分經鑑定可達 165—250 綫，而邊緣部分為 40—120 綫；航攝軟片的乳劑層分解力有 80—120 綫。進行室內鑒定時，物鏡的分解力與攝影乳劑層的分解力合在一起，在視場中央部分為 25—60 綫，邊緣部分為 10—20 綫。

但上述分解力的鑒定，是作為研究項目在實驗室的條件下得出的，而實際使用的航攝像片的分解力，則受自然地物的影像位移和反差值的限制。

由於攝影時飛機的向前移動（航高的變化和飛機主軸的旋轉角度——縱向傾斜，橫向傾斜和對垂直軸的旋轉等變化）造成航攝像片上的影像位移。總的位移通常不超過 0.1 毫米。

人們肉眼的分解力，約為航攝像片分解力的二分之一。

經過露光和顯影處理的攝影乳劑層是由銀粒構成的，因此影像放大時，可以看到很多很多的微粒。由於微粒狀態的存在，便減低了影像的反差，使航攝像片上的地物輪廓模糊不清。

用單眼觀察時，在航攝像片的辨認能力首先決定於單眼的生理的視力，即決定於單眼分解力的大小。此種分解力的數值，為眼睛所能區別的最小物體視角的倒數。因此，單眼觀測的分解力可用下式計算：

$$v = \frac{1}{\alpha},$$

式中 α ——最小視角。

分解力的大小不僅可用角度表示，而且可用綫寬表示。經驗表明，當觀測點狀或方形物體時，單眼的分解力，以角度表示約等於 60''，相當於 0.07 毫米。

對於綫狀地物來說，最小視角平均為 40''，相當於 0.05 毫米。

光譜反射性能，是地表面上的地物所具有的不同的反射陽光的能力，它決定地物本身不同的顏色和航攝像片上攝影影像的特性。

航摄像片上地面目标影像的基本特性

地面物体的特性很多，其中能够直接在航摄像片上显示出来的有：地物的大小、形状、阴影和颜色。

调绘过程中选取的地物，其最小尺寸可取为 1 米，但这决不意味着调绘时对更小的地物就不选取了。例如点状地物（埋石的导线点和水准标石及其他等）虽尺寸不大，但须将其调绘出来。

如果知道了航摄像片的比例尺，像片上被摄地物的实际大小是很容易计算出来的。为此只须在航摄像片上量出相应地物的大小，然后乘以该像片比例尺的分母数。此时利用下面公式便能算出地物的大小：

$$L = lm,$$

式中 L ——地物实际长度（宽度）（米）；

l ——航摄像片上地物长度（宽度）（毫米）；

m ——像片比例尺的分母数。

在各种比例尺的航摄像片上之方形地物按肉眼可见的影像平均极限值以 0.07 毫米计，其相应的实际大小列载于表 1。

表 1

航摄像片 比例尺	1:10000	1:15000	1:20000	1:25000	1:30000	1:35000	1:40000	1:45000	1:50000	1:55000	1:60000	1:65000	1:70000
航摄像片上影像 为 0.07 毫米之地 物的实际尺寸(米)	0.70	1.05	1.40	1.75	2.10	2.45	2.80	3.15	3.50	3.85	4.20	4.55	4.90

任何地物都具有一定的形状，在航摄像片上反映了这些形状，其详细程度则决定于航摄像片的比例尺。也就是说，随着比例尺的缩小，微小碎部的形状便逐渐地难于区别以至消失，而总的形状则变得比较简单。例如，在小比例尺像片上树顶变为一个圆

点，甚至可能完全看不出。

当然，各种地物可能有平的，有凸的，也就是说具有不同的高度。因此各种地物在航摄像片上所显示的形状也是各不相同的。平的地物（如飞机场、体育场等），在像片上的影像形状，与实际自然形状一致，而有高度的地物就不这样了。这种地物在像片上形状有了改变，这与航摄像片的特性——中心投影有关。这类地物显示在像片上的形状，具有下列规律性：

1. 位于像片中心附近任意高度的垂直地物，其在航摄像片上的构像为正射投影，其平面图形最宽（图3）；

2. 离像片中心稍远的垂直地物，其在航摄像片上的构像仿佛是倾斜的，而且地物的顶点朝着离开像主点的辐射方向倾斜（图3）；

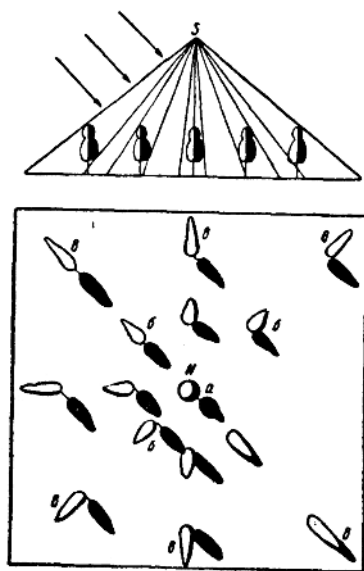


图3 距离像片中心远近不同之树木在航摄像片上构像的示意略图

3. 航摄像片上地物影像的长度, 与其本身的高度和离开像主点的距离成正比;

4. 垂直地物, 仅在露光时有太阳光照射的部分, 才能在航摄像片上显示出来 (图 4)。

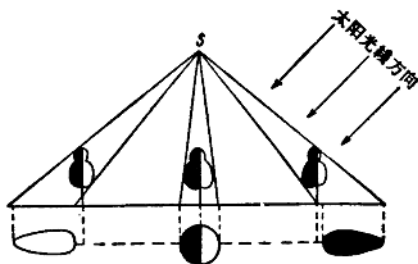


图 4 树木影像的特征决定于露光时太阳光线照射的方向

在北半球中等纬度地区, 太阳对地面的照射情况是不均衡的, 因为此时阳光是从南方与地面成一个角度照射到地面上的。因此须考虑反射和阴影的影响。

太阳光线投射到地面上, 其中一部分被地面吸收, 另一部分则由地面反射出来。这些反射光线投射到附近地面上, 增加了附近地面的亮度。光线的反射现象, 称为反射作用。

太阳光线的反射现象, 不仅有镜面反射现象, 而且还有散射现象。因此在图 5 的“反射作用略图”中, 用小箭头指出了光线向各方向散射的情形。航摄像片的下边缘有模糊不清的白色光辉, 即为反射现象 (图 6)。这些光辉, 有时称之为光点, 往往是由于水面反射光线恰好投射到航摄影物镜上, 使航摄软片的感光层露光, 而后在接触晒印像片上即会呈现光点。这种光点往往在两张相邻的像片上只清晰地呈现在一张像片上。因为只有摄影瞬时反射到航摄软片上的照度达到最大时, 这些光点才能构像。在相邻的像片上由于飞机已相对地移动到另一位置, 港湾水面部分的反射可能已经减弱或完全消失。

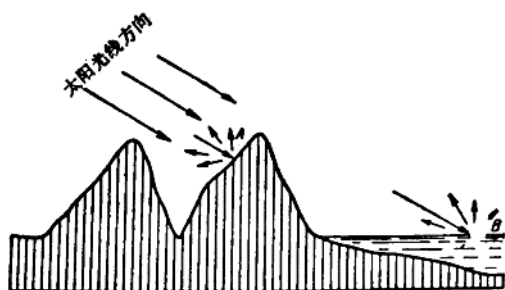


图 5 反射作用的縱剖面示意图

A—山坡上的反射作用；B—水面上的反射作用

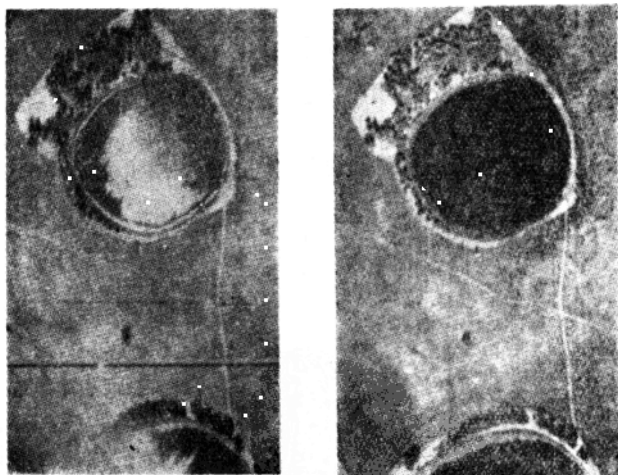


图 6 在立体像对的左像片上有闪光，而在右像片上没有

由于地表面，特别是开阔水面所扩散的散射光线，它是从水面循着太阳相反的方向反射出去的一部分光线，这样，就会造成反射现象或闪光。因此，只有当阳光直接照射大地时才会产生闪光现象，所以当天空有密云时，照度系由散射光线所造成，因而

也就不会产生反射现象。

根据已经发表的文献，关于航摄像片上的闪光斑点可归纳为以下几点结论：

1. 闪光斑点的亮度越靠像片边缘越弱，而在像片中心能较清楚地看到飞机的阴影，其大小决定于摄影比例尺；

2. 在阳光很强的天气里摄取的垂直航空摄影的像片上往往有闪光斑点；

3. 航摄像片上闪光斑点位置可用一种专门的诺模图预先测定。此项测定可根据摄影日期、时刻和该地区的纬度进行。

如上所述，地球表面及在其上面的各种地物，所受太阳光量各有不同。为了说明这一点，请参阅图7上的球面光照示意图。在A点上阳光与球面的切线构成 90° 角，这里接受的照度为最大。阳光与球面切线的夹角越小，球面所受的照度就越弱。而在B点上光线只能沿表面滑过，因此在这里直射光线对地面的照度等于零。此时下半球完全处于阴影中，这里的照明要靠散射光线。这一部分的地物（我们这里指的是圆球）在像片上的影像为阴暗的

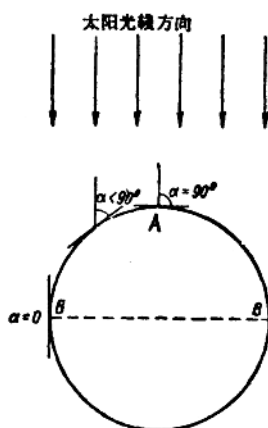


图7 球面光照示意图

色调。为散射光线所照射的地面目标的摄影影像称之为地物的阴影（即自己形状的阴影）。

由于从边缘向中心方向的散射和反射光线逐渐减少，遂使地物阴影的黑度随之而逐渐增加。

地物的阴影经常出现在航摄像片上，致使阴暗的部分，如山的斜坡难以调绘。在某些情况下，斜坡边缘的阴影可能看来比本身的形体还要暗黑些。借助所谓光亮的反差（色素差）的现象，可以说明这一点。因为彩色光带中相邻的两种颜色容易为人的眼

睛所感觉到。例如，光亮被照射的浅灰色山坡，在像片上接近白色，而相邻的阴暗深灰色无光照的山坡看起来近似黑色的色调。这就是光亮反差现象。这种现象在两种彩色交接的地方对眼睛的感觉最为清楚。

太阳照射的各种不透明物体，除其阴影外，还能看到它们的落影。此种落影向着与太阳光线照射相反的方向投射，落在其他相邻地物或地面上，使其全部或部分被遮盖。

落影有着不同的黑度，它们由全影或半影所构成。沿着全影的周围出现半影。因此地物落影往往部份地产生模糊边缘。

不透明物体的半影，其宽度决定于该物体的高度。所以矮物体的半影较窄，而高物体的半影较宽。

落影能显示出被摄物体的侧影，其形状决定于阳光的方向、该地物的形态特征和承影面的情况。

但是，只是在个别情况下，即落影长度与地物高度相等时，落影的形状才能正确地显示出被摄地物的侧影。这种情况只有当阳光与地面成 45° 角时才能产生。如果落影投射到水平面上，则落影的长度决定于太阳距地平线的高度和该地物至像主点的距离。图 3 明显地表示出了这种关系。可以看出，树木离像主点越远，则其落影越长，与该树木的侧影就越不相像^①。最后，地物（如树木）落影的长度与承受落影之地表面的地貌有关。这种情况根据图 8 可以看出。

根据落影可以算出该地物的高度。当像片比例尺不小于 1:10000—1:12000 时，林业工作人员经常用这种方法计算树高。

图 9 表示树木及其在水平面上的落影 l 。在航摄像片上，我们可以看到带有阴影和落影的树冠影像 (6)。此时树高 h_D 可用下式算出：

$$h_D = l \operatorname{tg} \alpha,$$

式中 α ——阳光与地面构成的角度。如果像片比例尺和航摄时

① 投射在水平面上的落影，其在水平像片上的构像长度，似与地物离像主点距离无关，这里的论述及图 3 所表示情况欠确切——校者注。

的 α 角为已知, 那么根据像片量取长度后, 便可以很容易地算出所求物体的高度 h_D 。

为了同样的目的, 还可以采用另一公式:

$$h_D = \frac{lm}{\varphi},$$

式中 m —— 像片比例尺的分母数;

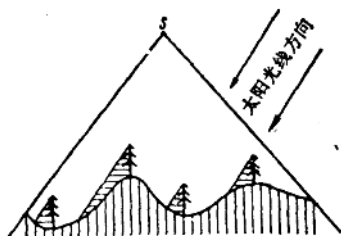


图 8 由地貌引起的树木落影长度的变化

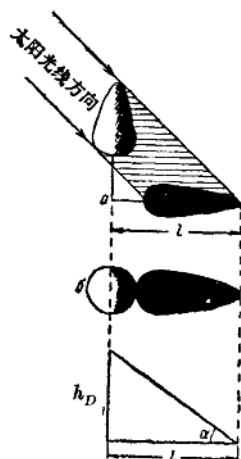


图 9 根据树木落影的长度来确定树高

l —— 落影的相对长度, 而与长度相关的 φ 值则根据该地区的纬度、飞行日期和时间等在专门表上查出。

如上所述, 落影能表现出被摄地物侧影的特点, 从而也就表达了该地物的特征, 然而落影的形状, 又决定于航空摄影的时间。此外, 落影的形状还决定于像片比例尺和地貌。试验表明, 在航摄像片上根据阴影长度来确定地物高度, 譬如树高, 而要求其确定值具有必需的精度, 那末, 只有在航摄像片比例尺大于 1:10000—1:12000 的情况下, 才能达到目的。

一切具有高度的地物都有阴影和落影, 因此这类地物的影像在像片上是可以观察到的。地物的阴影部分和照明部分相结合, 即构成地物的影像。对此应补充一点, 阴影将改变地物的形状和大小。因此在调绘过程中, 特别是调绘大比例尺像片时, 必须予

以考虑。摄影影像的特征如图10所示。

摄影影像的色调，是像片上地物影像重要特征之一。地物的颜色和色彩浓淡是十分复杂的，它们在航摄像片的构像却是经过

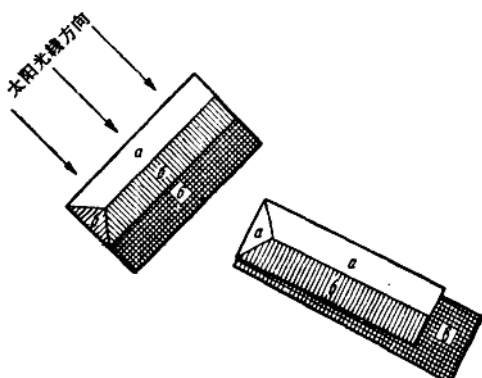


图 10 建筑物的阴影和落影

a—屋顶光照部分；b—屋顶的阴影；■—建筑物的落影

一系列不同浓淡度的色彩的感光作用，所形成的数量较少的从白到黑的色调。

影像色调的浓淡强度决定于该地物的颜色、亮度、照度、所用摄影材料的性质和航摄时使用的各种滤光镜。例如，绿色的树叶我们所以能看到，是因为他们主要反射出光谱中的黄绿色光线，而其他颜色的光线均被吸收。此外，如上所述，各种景观地物在吸收一部分光线的同时，还以不同强度向大气中反射出一部分光线。

虽然蓄水池的水面能吸收大部分光线，使其在航摄像片上影像的色调在大多数情况下为深灰色甚至黑色，但仍能区别出许许多多各不相同的色调。很深的清水蓄水池，能吸收大部分光线，所以其影像色调为黑色。带有少量淤泥颗粒的污水池，其影像通常为灰色，因为有一部分光线将由淤泥颗粒反射回来投射到航摄影物镜上的。此外，带有白色泡沫的山地急流河，在航摄像片上

的影像近乎白色，因为这种河流的表面能反射大量光线。其次，水生植物较多的蓄水池中，其水面摄影影像的色调有些部分变为淡白。此时，蓄水池表面淡白色调的部分，呈现为斑点或不整齐的线条，而后者具有不规整的但很清楚的界綫，該界綫是为水生植物的輪廓所确定的。

在夏季期間由于植物生长使得植物的顏色变化很复杂，它对各种景观影像的特征有重要的影响。譬如，草原草本植物（羽茅类）初春时茎叶均为綠色，此时摄取在航摄像片上的影像呈现为均匀的淡灰色。同一地区在植物开花和成熟时期，地面为一片銀白色，其在像片上影像为灰白色近于白色。

春季許多种类的闊叶树的叶子为浅綠色，在航摄像片上的影像色调，比夏季深綠色的叶子为淡。这种变化对落叶松而言就表现得更加明显，当秋天来到时，变黄的树叶很早就开始脱落，因为，在整个夏季內闊叶树树冠的顏色是在变化着的，这个实在的形态必然反映在摄影影像的色调上。

雨后盐碱地的摄影影像色调为黑色。干燥季节盐碱地表面經常出現一层白色的盐霜，此时摄影影像为明亮的灰白色的或白色的斑点。

大部分沼泽地区摄影影像的色调变化也是很大的，这是由于沼泽表面湿度和沼泽、植物顏色等条件經常变化的緣故。

上述地物顏色的变化，以及由此而引起的摄影影像色调的变化，对像片地形調绘的技术和组织工作均有重大的影响。因此在研究測区地理条件的基础上应考虑这些变化。这对地形測量工作的实践，有着重要的意义。

大多数地物，都是由相同的或不同的元素組合而成，这些元素又是各种天然的或人为的綜合体。每种同类的綜合体往往具有一定的影像特征。我們把像片上各部位不同的摄影色调、面积和形状綜合称之为影像的色调结构。影像的结构是該綜合体各元素影像的結合，而各元素反映了植被特征、地表湿度条件和地貌元素形态等。影像的结构則表現了这些元素的分布特征、特性和相