

航空摄影最佳曝光量的选择

吴祖义 孙和利

摘要

分解力是评定影象质量的重要指标。本文介绍利用改进后的国产 9 W 测微密度仪, 测定航空软片静态分解力与曝光量的关系。以最大分解力所相应的曝光量作为确定航摄软片感光度的基准, 以此为基础, 确定航摄底片的最大密度 (D_{\max})、最小密度 (D_{\min})、影象反差 (ΔD) 和平均密度 (D_R)。本文对国产 1022T、1022P、柯达 2402、2412 等航摄软片进行了研究, 其试验结果可作为今后修改航摄规范的基础。

【关键词】 影象质量; 微观特性; 静态分解力; 分解力特征曲线; 航空摄影曝光量

引言

航空摄影的目的是为了摄取一定比例尺的航摄底片, 为了保证量测精度和判读精度, 对航摄底片的质量在量测性能和构象性能上应有一定的客观标准。在量测性能方面, 应考虑航摄仪的光学系统的畸变差, 航摄软片的变形以及象点位移等因素。而构象性能方面, 由于对影象质量缺乏基础理论的研究, 故不统一, 各国(或系统)有着自己的要求。航摄底片主要用来测图和判读, 因此航摄底片的质量不能只从宏观方面给予限止, 而应从微观性能方面来制定一定的标准。本文通过试验, 从分解力这一研究显出影象的微观特性方面, 来确定各种航摄软片显出影象的质量验收标准, 以及为了保证获得最佳影象, 选择航空摄影时的最佳曝光量。

1 试验的基本原理

航摄底片的分解力, 决定了航摄底片辨别地物微小细节的能力, 通过对航摄软片静态分解力的测定, 来确定航空摄影的最佳曝光量。并以此为基础, 确定航摄底片的最大密度 (D_{\max})、最小密度 (D_{\min})、影象反差 (ΔD) 和平均密度 (D_R)。这几项质量指标可做

本文1987年10月收到。

为验收航摄底片的质量标准。

研究航摄软片静态分解力及其与曝光量的关系，可根据分解力特征曲线来确定。图1中分解力特征曲线，是以曝光量对数（ $\lg H$ ）为变量的航摄软片分解力（ R ）的函数曲线2，和与航摄软片分解力曲线同时产生的航摄软片感光特性曲线1组成的。

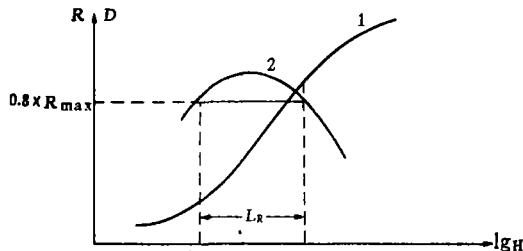


图1 分解力特征曲线

分解力特征曲线图对指导航空摄影实践具有很大的意义，在分解力特征曲线上，可以得到下列数值。

1. 该航摄软片在一定的显影条件下的最大分解力（ R_{max} ）。最大分解力决定了航摄底片上地物信息的可识别能力，最大分解力越大，可识别地物的宽度越小。如果已知航摄底片的分解力（ R_s ）和航摄比例尺 $1/m$ ，便可得到航摄底片对地面物体可能分辨的最小宽度，此宽度（ D ）可按下式计算求得。

$$D = \frac{m}{R_s} \quad (1)$$

2. 航空摄影最佳曝光量范围（ L_R ）。国外推荐，这个范围不应小于 $0.8 \times R_{max}$ （如图1中的 L_R ）。航空摄影时，如果曝光量落在特性曲线直线部分，此时被摄景物的明暗层次能按比例记录下来，这只能说明曝光量正确，但并非说明是最佳曝光量。分解力大小与曝光量有关，只有在某一曝光量附近，才能获得最大分解力，因此，选择曝光量应考虑可获得最大分解力的因素。如果曝光量落在 L_R 范围之内，被摄景物能以不低于 $0.8 \times R_{max}$ 的微小细部得到再现。在 L_R 范围内的最大密度与最小密度之差，决定了获得航摄底片的最佳影象反差（ ΔD ）。 L_R 方为最佳曝光量范围。

3. 平均密度（ D_R ）。此平均密度并非最大密度与最小密度的简单平均数，它是在一定的显影条件下，获得的最大分解力所对应的密度，其所对应的曝光量是最佳曝光量。试验证明，小于或大于此曝光量，分解力均会降低，且小于此曝光量时，分解力下降得更快。表1是国产1022T、1022P和柯达2412三种航摄软片的试验数据。由表1可以看出， $\lg H = -1.33$ 和 $\lg H = -1.03$ 分别为1022T、1022P和2412的最佳曝光量。不同航摄软片最佳曝光量不同，当曝光量降低时，分解力急剧下降。

为了获得航摄景物影象最佳分解力，平均密度 D_R 所对应的曝光量应该成为确定航摄软片感光度的基准，其计算公式为

$$S = \frac{K}{H_{D=D_0} + D_R} \quad (2)$$

以此公式计算的曝光量曝光，平均亮度景物可获得最大分解力，而最大亮度和最小亮度景物均可落在最佳曝光量范围（ L_R ）之中，因此，可获得较理想的景物影象。

表 1

lg H	R 线/毫米		
	1 0 2 2 T	1 0 2 2 P	2 4 1 2
-1.93		36	
-1.63	50	45	
-1.33	87	87	36
-1.03	78	78	220
-0.73	36	45	196
-0.43			155

2 试验条件的改进

分解力曲线是利用分解力测定仪得到的，重庆光学仪器厂生产的CCF-1A型分解力测定仪是一种专门用于测定摄影软片的仪器；9W型测微密度仪是上海光学仪器厂生产的，可测微小密度的仪器。但该两仪器都不能满足求得分解力特征曲线的条件。为了达到对航摄负片感光测定的色温的要求，我们在分解力测定仪光路中适当的位置上，设置了可将光源色温从3200K提高到5500K的色温镜。

分解力测定仪的视板外形尺寸直径为27毫米，缩微物镜的缩小倍数为25倍，经缩小以后的视板影象直径只有1.08毫米，每一视板影象中包括28组，每组最少有三条线。为了量测其中一条线的密度，必须增加量测物镜的放大倍数。另外设计了一个圆形承片盘，安放在测微密度仪的工作台上，承片盘可带动试片做360度的旋转，解决了量测密度的困难，为绘制分解力特征曲线做了准备。

3 分解力特征曲线的建立

3.1 最佳清晰焦点的确定

制作分解力试片时，软片必须紧紧地贴在缩微物镜的焦平面上，由于仪器在运输过程中以及经常使用的情况下受到震动，将会改变出厂时的最清晰焦点的位置。各种软片由于其光谱感光范围和保护层的厚薄不一致等因素，最清晰焦点也会不一致，因此测定每种软片都必须重新鉴定最清晰焦点的位置。

3.2 插入式减光板的选择——最佳曝光量的确定

分解力的大小与曝光量和显影条件有关，为了测定某试片在特定显影条件下的分解力，还必须确定适合该片型的最佳曝光量，由于分解力测定仪的曝光量是以插入式减光板密度

和圆盘式减光板密度表示，因此，最佳曝光量的选择，实际上就是选择插入式减光板密度。表2是以柯达2412软片，在D—19（1：1冲淡）显影液中，显影4.5分钟，显影温度为20°C的高反差视板分解力。

表 2

插入式减光板密度	2.83	2.53	2.23	1.93	1.63	1.33	1.03
R 线/毫米	40	138	220	174	138	63	40

根据表2的数据，可以确定柯达2412软片在以上条件下的最佳曝光量的插入式减光板的密度值为2.23。

分解力大小与分解力视板的反差有密切的关系，视板反差越大，测定的分解力越高，反之则低，而航空摄影时，地面景物反差小，应该用低反差视板测定航摄软片分解力，为符合实际使用参考，特用低反差（1.6：1）视板，在相同的条件下测定分解力，表3为柯达2412在与表2相同的条件下的分解力。

表 3

插入式减光板密度	2.83	2.53	2.23	1.93	1.63	1.33	1.03
R 线/毫米		87	110	78	70		

将表3与表2相比较可以看出，高反差视板测定的分解力为低反差视板测定的分解力的两倍，这与国外资料报导的结果是一致的。无论是采用高反差还是低反差视板测定分解力，同一种软片，在相同的条件下，它们所需要的最佳曝光量是一致的。表3的数值反应出一个重要的问题，那就是低反差视板对曝光量的要求更严，在最佳曝光量附近，有最大分解力值，一旦曝光量减少，由于底片的密度小，被摄景物细节受到损失，分解力急剧下降；曝光量增加时，又由于密度太大，地物细节被遮盖，分解力也较迅速下降，因此，航空摄影时，因地面景物反差小，选择曝光量尤为重要。

为了使测定各类型航摄软片分解力与有关文献报导的数值相互比较，本文采用高反差视板测定分解力。

3.3 插入式减光板密度所对应的曝光量的确定

分解力测定仪中的曝光量是以灰片的密度值表示的，这些密度所代表的曝光量无法用计算的方法得到，而在感光仪上得到的光楔试片各级的曝光量是可以计算出来的。且根据同一感光材料，摄影处理条件相同时，相同的密度，其曝光量相等的原理，便可利用航摄软片的特性曲线反求分解力试片上各密度的曝光量，从而解决了建立分解力特征曲线的技术关键。

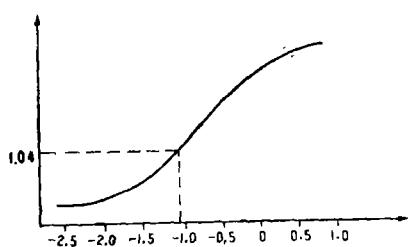


图 2 感光特性曲线

首先利用此原理解决各插入式减光板密度相应的曝光量问题。图 2 是插入式减光板密度为 2.23 时给予分解力试片的曝光量为 -1.03 勒克司·秒，(试片的密度为 1.04)。

根据光路中密度改变 0.3，曝光量差 1 倍，曝光量对数差 0.3 的原理，可以得出：在分解力测定仪上，当利用一系列不同密度的插入式减光板使欲测试片曝光，其对应的曝光量便为已知数。表 4 是根据插入式减光板密度为 2.23，其对应的曝光量对数为 -1.03 推出来的。

表 4

插入式减光板密度	3.13	2.83	2.53	2.23	1.93	1.63	1.33	1.03
$\lg H$	-1.93	-1.63	-1.33	-1.03	-0.73	-0.43	-0.13	0.17

3.4 分解力特征曲线的建立

在上述工作就绪以后，便可对各种航摄软片做光楔试片和分解力试片，以建立分解力特征曲线。在分解力特征曲线上，确定航摄软片在一定的摄影处理条件下，航空摄影的最佳曝光量以及最大密度、最小密度、影象反差、平均密度。其方法和步骤如下：

1. 曝光：将欲测试片分别在感光仪和分解力测定仪上曝光。

分解力测定仪插入式减光板密度分别为 3.13, 2.83, 2.53, 2.23, 1.93, 1.63, 1.33, 1.03 时各曝光一次。

2. 摄影处理：两种试片在相同的条件下进行冲洗。

3. 量测密度：在测微密度仪上量测光楔试片密度 (D)，在显微镜下观察分解力试片视板影象分解力 (R)。

4. 绘制分解力特征曲线：以量测的密度 D 和观察的分解力 R 为纵坐标，以 $\lg H$ 为横坐标，绘制分解力特征曲线，如图 3。

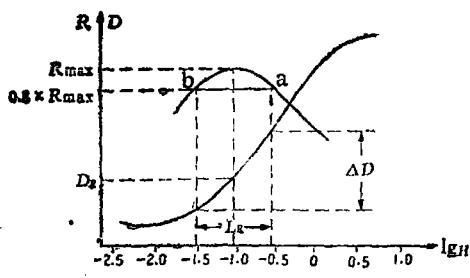


图 3 分解力特征曲线

图中最大分解力 (R_{\max}) 对应的曝光量为航空摄影最佳曝光量。分解力曲线上 a 、 b 两点对应的密度为最大密度 (D_{\max})、最小密度 (D_{\min})， $D_{\max} - D_{\min} = \Delta D$ ， ΔD 为最佳影象反差。 D_R 为平均密度。按以上方法，对 1022T、1022P、2412、2402 等各片种进行测定，均可建立各自的分解力特征曲线，表 5 为该四种航摄软片的实验成果。

表 5

航 摄 软 片 型 号	显 影 液	显影温度 ℃	显影时间 分	R_{max} 线/毫米	R_{max} 对 应的 lgH	D_R	D_{max}	D_{min}	ΔD
1022T	YJ-2	20	4.5	87	-1.33	1.26	1.78	0.90	0.88
1022P	D-19 (1:1)	20	4.5	87	-1.33	0.88	1.20	0.74	0.46
2402	D-19 (1:1)	20	4.5	98	-1.03	1.28	1.58	0.96	0.64
2412	D-19 (1:1)	20	4.5	220	-1.03	0.71	1.70	0.35	1.35

由表 5 看出：从微观特性来确定航摄软片的曝光量能充分发挥各种航摄软片的特性，每一种软片的最大分解力和平均密度不一定相同，因此规范统一规定对航摄质量的要求并不合理。用不同类型的航摄软片摄影时，它们的验收标准应有自己的范围。

表 5 中 1022T 和 1022P 乳剂性质相同，只是片基的质量不同，1022P 适合于高温冲洗。当显影条件不同时， D_{max} 、 D_{min} 、 ΔD 、 D_R 均不相同。为了确保航摄底片的影象质量，可控制冲洗条件，以达到最佳分解力和求得其对应的最佳曝光量。

4 結 論

航摄软片的分解力与显影条件有关，本文所有试验的显影温度均为常温，并都是盆中显影，如果显影条件改变，例如用回转显影仪或自动冲洗仪冲片，或在高温下冲片，则 D_{max} 、 D_{min} 、 ΔD 和 D_R 可能会有变动，但各种型号软片之间的差异依然存在。

分解力本身的含义很直观，测定方法也很简便，本文试验的理论根据和方法是合理的，试验成果经多次重复，结果可靠，测定的各类型软片的分解力与厂家标定值基本一致。柯达 2412 软片标定值为 400 线/毫米，比试验结果高，其原因之一是我们的分解力测定仪没有调到最佳状态，因此影响了高分解力的测定；再则可能是摄影处理条件不相同的关系，柯达 2412 的标定值是以柯达 885 显影液，在高温条件下冲洗的。

用改进以后的测微密度仪量测分解力视板影象的密度很方便，用我们推荐的方法确定各类数据，可供航空摄影以及航摄底片验收参考使用。

參 考 文 獻

- [1] 俞浩清主编，摄影与空中摄影，测绘出版社，1985
- [2] A. C. 库奇科著，蔡俊良、沈鸣岐译，摄空摄影学，测绘出版社，1982
- [3] 美国摄影测量手册节选三，宣家斌译，测绘出版社，1980

The Selection of Optimum Exposure in Aerial Photography

Wu Zuyi Sun Heli

Abstract

Resolution is the main standard in evaluating image quality. The determination of the relationship between statical resolution of aerial film and exposure by improved Chinese-built 9 w microdensitometer was introduced in this paper. The exposure corresponding to maximum resolution is the criterion for determining aerial film speed, therefrom the maximum density (D_{max}), minimum density (D_{min}), image contrast(ΔD) and average density (D_R) could be determined on the basis of optimum resolution. Four kinds of aerial film including Chinese-built 1022T, 1022P and Kodak 2402, 2412 were investigated. The results shown in this paper could be considered as foundation in modifying specification in aerial photography.

[Key words] image quality ; micro structure ; statical resolution ; characteristic curve of resolution; exposure in aerial photography