



由于镜头会影响镜头-摄像机成像系统最终的高清图像性能，所以选择适当的镜头至关重要。

特别报导：

# 测试 高清镜头

作者：LARRY THORPE

**传**统上，在针对不同高清镜头-摄像机系统的测试中，通常只侧重于测试摄像机，而对于镜头的测试则比较草率。普遍存在一种误解，认为镜头只是所选摄像机的附属器件，或是觉得各种品牌或型号镜头的性能没有多大区别。

实际上，情况正相反。各种镜头的性能并不相同。镜头也并不只是摄像机的附属器件。对于镜头和摄像机成像系统所能达到的最终高清图像性能而言，镜头当之无愧地起着决定性的作用。

目前市场上存在五大摄像机制造商，而且至少有三大镜头供

应商。所以，必须清楚认识到，要在各种高清镜头-摄像机系统中选择最适合特定制作应用的组合，确实存在着一定的逻辑挑战。必须要对总体的选择方法进行简化。建议先选择好一个合适的摄像机。假定所有高端高清镜头性能优良，就可以随意选择一款镜头(满足操作需求的)以支持摄像机选择，这种做法是讲得通的。将这款镜头与不同的摄像机配合，可以帮助你了解各摄像机的总体性能差异(当然，假定已经完成合适的技术测量工作)。

在最终选择好满足性能与操作需求的摄像机之后，终端用户

可以将注意力转向镜头，利用所选择的唯一的摄像机来评估各种镜头间的差异。测试程序要能够实现展示镜头最佳整体性能优化的要求。

虽然专业镜头系统具有多项重要的成像参数，但其中只有五个关键特性是需要高清镜头终端用户仔细评估的。世界各大制造商所生产不同镜头的这五个属性必然会存在一定程度的差异，它们分别是：

- 灵敏度
- 对比度
- 分辨率
- 色彩还原

# 测试 高清镜头

· 几何失真

## 镜头灵敏度

不同制造商所生产的同类镜头的光谱透射率也有所不同。因此，任何具有相同F值的两个镜头可能具有不同的光学速度(根据F值定义，假定透射率为100% [1])。在对不同镜头进行并行测试时，必须认真考虑此因素。可以使用现有的光学技术(需要使用测光计)确定给定镜头的标定精度。

然而，测试给定镜头透射率最简单的方法就是将光圈全开，然后记录在特定场景照明条件下灰度测试图的视频电平(0dB主增益设置)。如果将两种不同镜头先后安装到同一高清摄像机上，利用该方法分别进行测试(在固定照明条件和固定摄像机增益下)，可以迅速了解各镜头的最大相对孔径性能。

## 镜头对比度

高清镜头的对比度性能对总体主观图像质量有着重要影响。一个极端情况就是镜头的光学本底噪声，其大小取决于制造商对眩光和杂光的控制情况。

对于当今信噪比为54dB左右的(相当于500:1的对比度)2/3英寸高清摄像机，与之配套的高清镜头标称曝光时的对比度性能必须超过此标准。有一种新的灰度测试图，可以用来准确地研究镜头-摄像机系统的对比度性能(参见表1)。

这种测试还需要精细调整摄像机的整体传输特性，以确保能够最佳再现测试图中最暗的黑阶。当然，这必须由选定的镜头对测

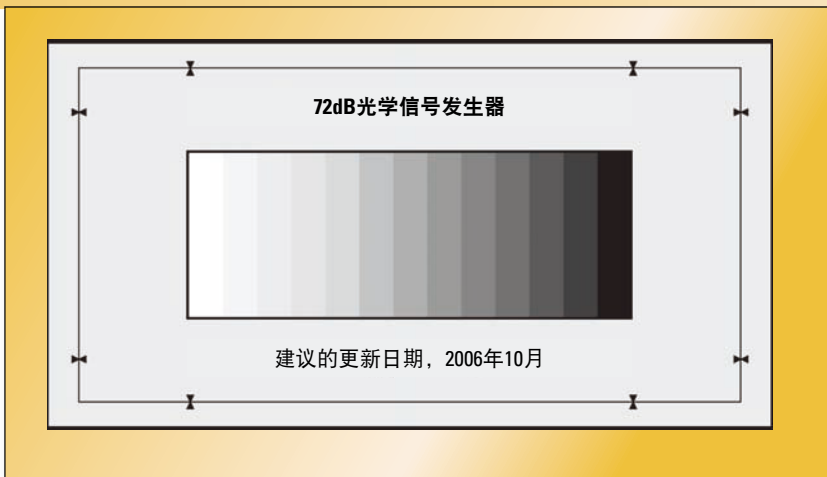


图1 专门为研究镜头-摄像机对比度性能设计的具有大动态范围的灰度测试图。

试图进行成像，以完成测试。然后换上另一个镜头进行测试，无需调整摄像机设置，就可了解在最暗的照明条件下，两镜头之间各种光学限制的相关差异。

还应对给定镜头在强光源(演播室灯光、日光等)的极端照明条件下的特性进行仔细研究。通过

强光线的设计策略。各种镜头的观测数据会有所不同，终端用户必须决定哪种特性更能接受。

## 镜头分辨率

如1月份的文章所述[2]，镜头-摄像机系统的调制传递函数(MTF)性能是评估成像系统对比

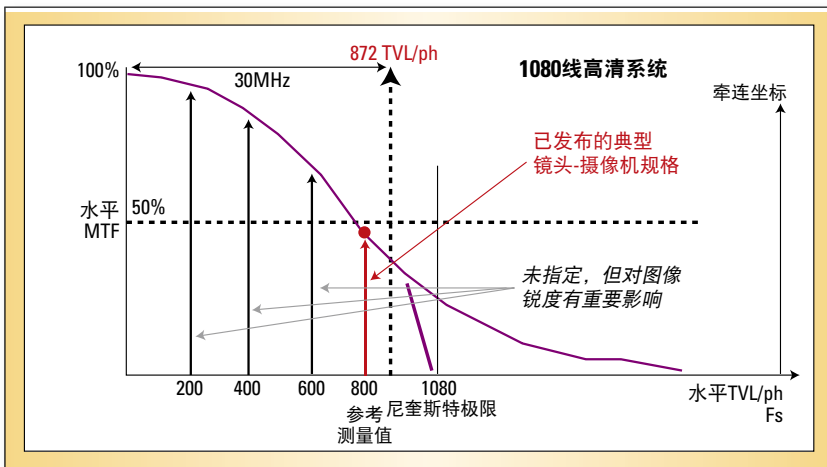


图2 应认真记录镜头-摄像机系统在所显示的四个空间频率处图像中央的调制深度测量值。

在演播室中观察在使用镜头-摄像机直接在强光源下拍摄时所有能表现镜头特性的光学现象，就可以完成这一测试。

同样重要的是观察另一种镜头特性，也就是将光源偏离光轴放置，即放置于图像区域外部，然后垂直或水平移动摄像机时镜头的特性。这里应用了控制离轴

度如何随空间细节增加而变化的衡量标准。对比度性能与高清成像系统的成像锐度性能紧密相关。此时，系统MTF曲线的形状具有重要意义。因此，在测试中应该设法利用图2所示的四个测量值建立MTF曲线。

必须在高清波形监视器(连接到摄像机系统的HD SDI输出端



# 测试 高清镜头

口)上进行测量。高清演播室监视器绝不能用于评估MTF;即使是当前最好的高清监视器一般也只有1000电视线/图像高度的极限分辨率(TVL/ph),就这一点而论,其自身MTF曲线在重要的高清通带上显示出大幅下降趋势。

市场上有多种16:9图像格式测试图,可用于这种MTF测试(参见图3)。

这种测试图与波形监视器精确地配合,可以记录MTF曲线并绘制出来。(必须特别注意采用平光照明并将测试图与摄像机在水平和垂直方向上绝对对齐。)

首先应对MTF最高的图像中央的亮度(Y)视频信号比较评估高清镜头的MTF。摄像机的所有非线性处理(gamma、knee等)都应删除。测试从调节波形监视器的增益开始,以便50 TVL/ph水平脉冲精确地填充100 IRE电平(100%空间对比度参考值)。

然后,稍微平移摄像机,依次对准图像平面中央四个空间频率脉冲,仔细记录下振幅(50 TVL/ph脉冲对应的)。然后对每个镜头重复此预先标定和测量步骤。

接下来,就可以利用四个测量值绘制MTF曲线。在所绘制曲线中,镜头-摄像机在具有最高MTF值的200 TVL/ph至800 TVL/ph频段可以实现最高的图像锐度。

## 评估高清镜头的MTF值变化范围

如5月份的镜头文章所述[3],在拍摄中进行镜头的三种功能控制(光圈、变焦和聚焦)时,所有镜头的MTF会呈现波动。因此,在测试镜头时应该尽可能预计到这种情况,并在镜头和摄像机的

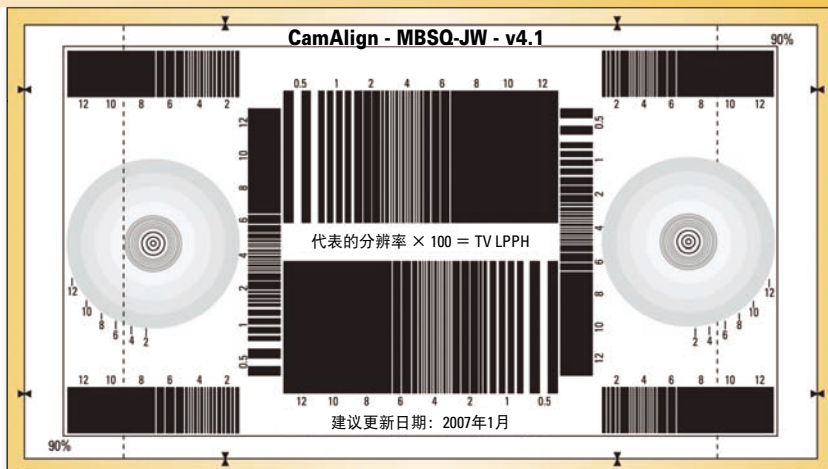


图3 一种实用的多脉冲波形测试图示例,可用于测量高清镜头-摄像机的MTF。

实际使用中采取相应的措施。

至少,要在三个焦距点上对MTF进行测试(覆盖镜头-摄像机系统特定用途所预期的典型焦距范围)。这几个焦距点应该包括设计常用的特写镜头、中景镜头和

时需要更大的测试图,以确保其位置不进入镜头的最小摄距(MOD)之内。幸好,我们还能找到这样的测试图。

应该针对两种镜头光圈设置进行测试:第一种是在正常拍摄

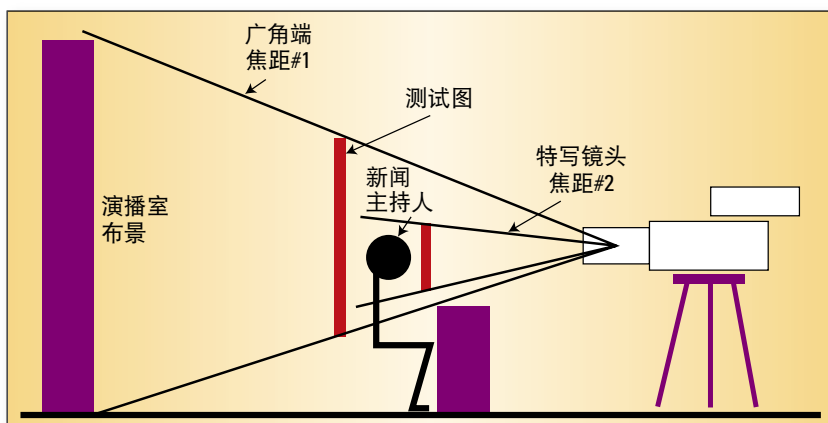


图4 暗示了有两个主要焦距的新闻演播室,并暴露了测试图尺寸的问题。

广角镜头。这些测量将体现对特定镜头的图像锐度性能进行优化的情况。

然而,还存在一些与测试相关的逻辑问题。尽管高清广播新闻的布景也许相对简单,但可以用来实用、简单地说明此问题(参见图4)。

通过图4可以推断,评估主持人特写镜头焦距处的MTF时,可以使用正常尺寸的测试图,所以比较容易。然而,在广角端测量

时预期的演播室的照明条件下,提供标称曝光(典型在 $f/2.8-4.0$ 的范围内),第二种是光圈全开的情况。这样可以利用光圈设置揭示针对各镜头不可避免的MTF值波动的设计策略。

## 评估边角到中心的锐度

镜头设计师通常考虑的是如何在图像平面上优化MTF[3],而终端用户只需要关注两个主要区域:中央区域和边角区域,如图5

## 高清测试图供应商

- DSC Laboratories (Canada), [www.dsdabs.com](http://www.dsdabs.com)
- ZGC (USA), [www.zgc.com](http://www.zgc.com)
- Dai Nippon Printing (DNP) (Japan), [www.drip.co.jp](http://www.drip.co.jp)

所示。评估这两个空间区域的锐度特性可以有效地检验镜头制造商对各自MTF优化策略实施的情况。这需要先单独检查相对于图像中央的边角聚焦状况，再检查边角的MTF(在准确聚焦时)。

### 评估镜头的边角聚焦状况

本测试将严格评估镜头系统固有的像场弯曲像差。虽然不能完全消除像场弯曲，但在优秀的光学设计中一定可以将其降到最低。我们设计了一种测试图，中央有个较大的西门子聚焦图，方便镜头后焦调节，从而实现精确的镜头-摄像机中央图像聚焦(参见图6)。

另外，此图在各个边角还有四个径向多脉冲图，覆盖了关键的200 TVL/ph至800 TVL/ph空间频率范围。在对图像中央准确聚焦后，还要对四个边角进行缜密的检查，以评估镜头相对于中央位置散焦的程度。该图能够轻松地揭示任何边角差异，这些差异应引起注意。利用本测试图，还可快速地发现任何可能在图像边缘出现的色差[4]。

### 评估镜头的边角MTF

这项测试与前面对边角聚焦的测试密切相关，但两者还是有一定区别的。测量边角MTF是对镜头-边角分辨率性能的支持性检查。相当于在对边角聚焦时，对

各边角MTF特性的检查。这项测试体现了在光学设计中对整个图像平面的MTF优化的情况。

在此测试中，应该使用图3所示的多脉冲测试图依次对各边角严格地进行聚焦，这种测试图的四个边角上都有一个多脉冲。四个多脉冲中的每一个都用于评估在200 TVL/ph至800 TVL/ph空间频率范围内边角区域的MTF特性(参见图6)。

可能有人会提出疑问，后一项边角MTF测试为何有用？要知道，虚焦是拍摄中一个常见的创造性表现手段。很有可能最初聚焦于图像中央的人或景物，但下一个镜头可能将焦点拉到位于边缘区域的另一个人(或场景的一部分)上。保证边缘部分的景物具有与图像中央接近的锐度，具有重要意义。

### 色彩还原

如5月份的镜头文章所述[1]，高清镜头的光谱响应是决定高清镜头-摄像机系统最终色彩还原特性的四个关键因素之一。其他三个因素为摄像机的分光系统、摄像机图像传感器的光谱响应和特定摄像机制造商设计的线性矩阵。

尽管所有镜头-摄像机组合都应满足指定的SMPTE 274M/296M色度标准(摄像机操控装置设置于固定位置时)，但各高清镜头-摄像机系统能够再现的色域还是存

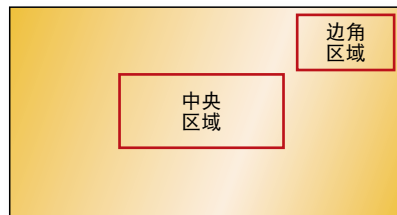


图5 当图像中心聚焦时，应对边角焦距进行检查；并在重新聚焦时分别记录各边角的MTF值。

在细微的差别。这是由于不同的摄像机及光学器件制造商都有其各自的设计偏好，以及不可避免的镜头、棱镜和图像传感器的光谱响应偏差等因素造成的[5]。由于色彩具有很强的主观性(尽管存在严格的色彩科学)，对镜头色彩还原性能的最终评判通常还是取决于终端用户的主观偏好。因此，在高清镜头测试中应该总是严格地比较评估色彩还原特性。

### 高清镜头色彩还原比较测试

假定终端用户已经事先选择了一种高清摄像机，那么对色彩还原有影响的四个变量就已经预先确定了三个。只剩下镜头因素需要进行评估。在对镜头进行测试时，应该使用选定的高清摄像机，按A/B方式分别以同一参考摄像机评估不同的镜头。

在进行评估前，应精细地对各镜头-摄像机组合进行白平衡调节。这是极为重要的一步，由于不同镜头具有不同的RGB传输特性，所以必须通过恢复参考白来校正，以确定各镜头-摄像机组合适当的色彩拍摄特性。只有经过校正，之后大范围色彩的评估才会有效。在进行镜头因素对色彩还原影响的比较评估时，应进行摄像机色彩校正归零，并接通摄像机线性矩阵。

# 测试 高清镜头

摄像机应安放在照明适中的演播室中，并对灰度测试图进行精细的整体白平衡调节。有多种彩色测试图可用于在矢量示波器上进行正式比较。

从制作角度来看，还要在严格标定的监视器上研究更广泛的实际色彩。而且此监视器必须是在正常的节目制作中计划用于制作控制室的高清监视器。

测试色彩的对象可以是高度饱和、中度饱和及柔和的被摄体，以及与特定制作相关的材料(不同人种的肤色、特殊颜色的服装、特殊的布景材料等)。

这种测试是一种主观性很强的评估过程，需要制作团队积极地参与。在进行某些色彩还原测试后，必然会就各人的意见进行讨论。很少会有两个人对色彩还原的感觉完全一致，因此需要在一定程度上进行折中来达成一致。团队间经常会讨论某种色彩还原的准确程度，而不是色彩还原本身给人带来的愉悦感受。

显然，利用高清摄像机可以实现额外的色彩调节，以按照制作团队的偏好增强色彩还原效果。然而，本测试的目的是找出不同的镜头对色彩还原影响的差

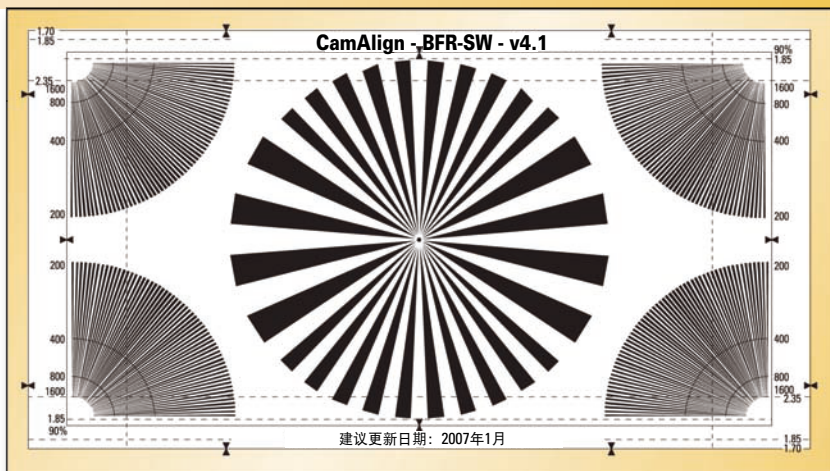


图6 检查边角聚焦和边角MTF评估的测试图。

异，因此必须将高清摄像机系统设置为“技术规范”的固定模式。

## 几何失真

所有的镜头都存在不同程度的几何失真。有一些术语用于描述常见几何失真的基本形状，如“枕形”失真和“桶形”失真。在降低这些几何失真方面，高性能镜头取得了很大的进展。

镜头的视场角越大，降低几何失真的任务就越困难。要快速地评估镜头，最简单的做法就是变焦到最大广角端，对包含互相垂直物体的演播室布景进行拍摄，如门、窗、桌子、图片或平常拍摄常见的演播室布景中任何特殊物体(有直的水平边或垂直边)。这样就可以对任意两种镜头

进行方便地比较。在这样的主观测试条件下，可以轻松发现1%的几何失真差异。很容易找到适合客观测量几何失真的测试图。

Larry Thorpe是佳能美国广播器材产品部的市场总监。