



# 最大化 高清 摄像机的 性能

作者: LARRY THORPE

**消**费级高清电视日益普及并且持续发展, 现已达到全高清1920×1080分辨率, 屏幕较过去更大、更亮, 对比度也得到惊人的提升。制造商在最大化高清摄像机与高清镜头组合所拍摄图像的性能时, 必须预先考虑前所未有的全新高清图像性能标准, 目前许多家庭已经出现这种需求。

谈到高清图像质量, 创作人员经常使用诸如高锐度、高清晰度、高对比度、高鲜艳度和高饱和度之类的最高程度的表述。当电视摄像师、电影摄影师、导演和其他创作人员使用这些词语时, 实际上是在表达对高清图像多方面特征的心理物理反应。对每项图像属性的分别优化, 包括锐度、色调、色彩还原及曝光宽容度, 对高清镜头-摄像机系统的总体图像性能至关重要。

## 高清制作的六个阶段

高清制作过程分为六个阶段, 首先是使用镜头完成非常重要的初始图像创作。然后摄像机图像传感器对光学图像进行采样(空间和时间), 并转换为模拟信号。接下来这种模拟

美国QVC公司最新购入60多部佳能高清演播室镜头及便携式镜头, 以升级其Studio Park设施。QVC主持人Patti Reilly(右)和时装设计师Marc Bouwer主持的“M”系列现场直播, 是一档Marc Bouwer运动服装节目。照片: Rick Gerrity。

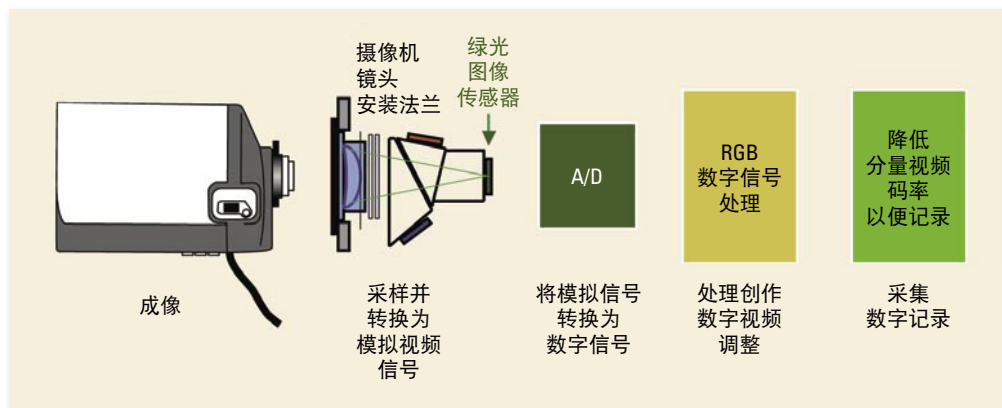


图1：描述了高清数字视频信号制作和采集过程的六个阶段。每个阶段都会对全部图像质量属性产生性能影响。

信号被转换成高数据率的数字信号，之后是三种RGB视频信号的数字处理（参见下页的图1）。全部这五个流程都会对成像特性产生各自的影响，并体现在最终的高清视频信号中。对于当前广泛应用的高清摄录一体机，还有第六个阶段，即通过数字处理降低超高的摄像机数字数据率，然后再将其记录到录像带或任何一种新型非磁带介质上。

| 关键图像参数       | 镜头  | 摄像机  | 最终图像性能   |
|--------------|---|--|--|
| <b>灵敏度</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>最大相对孔径</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>电子灵敏度 (图像传感器及驱动电路)</li> <li>主增益</li> <li>传感器帧累积</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>操作灵敏度 (及S/N规格)</li> <li>最小照度</li> <li>对比度</li> </ul>                        |
| <b>锐度</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>衍射</li> <li>散焦像差</li> <li>镜头镜片表面质量及其对准</li> <li>执行变焦、聚焦和光圈操作时的MTF特性</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>光学前置滤波器</li> <li>传感器数量</li> <li>传感器填充因子</li> <li>电气后置滤波器</li> <li>数字图像增强</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>图像中心锐度</li> <li>图像边缘锐度</li> <li>操作镜头调控装置时的锐度变化</li> <li>有效增强焦距变化</li> </ul> |
| <b>色调再现</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>黑色再现 (眩光和杂光)</li> <li>高光再现 (点扩散函数与防止反射)</li> <li>相对光线分布</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>对比度</li> <li>黑电平控制</li> <li>白斑阴影校正</li> <li>Gamma</li> <li>黑gamma</li> <li>A/D转换器</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>灰度再现</li> <li>深度阴影中的细节再现</li> <li>深度阴影中的彩色细节再现</li> </ul>                   |
| <b>曝光宽容度</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>光学动态范围</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>图像传感器动态范围</li> <li>A/D转换器位深度</li> <li>非线性计算位深度</li> <li>非线性策略(knee等)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>场景中曝光过度部分的图像细节采集</li> <li>强光处理</li> <li>保持高光部分的细节</li> </ul>                |
| <b>色彩还原</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>光谱响应</li> <li>镜片镀膜</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>光谱响应:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>红外滤镜</li> <li>分光棱镜</li> <li>图像传感器</li> </ul> </li> <li>线性矩阵</li> <li>二级色彩校正</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>准确还原色域的程度</li> <li>单个颜色的亮度、色度和饱和度</li> </ul>                                |

表1：说明了高清镜头及高清摄像机各图像参数与直接影响整体高清图像质量的图像属性之间的关系。

## 最大化高清摄像机的性能

## 最大化高清摄像机性能

表1说明了高清镜头及高清摄像机各图像参数与直接影响整体高清图像质量的图像属性之间的关系。所有



图2: 通过特写镜头说明了图像具有清晰的重要轮廓和过渡, 边缘不会模糊, 而且人脸和衣服具有细致的纹理细节, 这是区别高清和标清的一个关键成像属性。

镜头参数和多数摄像机成像参数都是由其各自所采用的技术决定的。对于摄像机, 还有一些以控制某些图像性能属性的视频调控功能形式表现的附加变量, 在表中以黄色表示。

显然, 镜头对于高清图像的质量具有首要的决定性影响。表1中列出的高清镜头成像参数, 对于大型演播室箱式镜头和小型便携式ENG镜头有显著区别。这会对追求特定风格的高清图像质量产生直接影响。

为便于说明, 本文介绍了两种特殊的高清电视制作情况。第一种情况, 高端的演播室制作需要利用高性能高清镜头和高清摄像机获得最佳的高清图像。第二种情况, 现场高清新闻采集需要使用低成本的非磁带式高清摄录一体机和高清镜头实现最好的高清图像。

## 最大化高清演播室镜头-摄像机性能

在比较评估中, 假定选择符合当前最高的1920×1080/60P高清制作

标准的高清演播室摄像机。要实现摄像机拍摄最佳的高清图像, 还需要精心选择高端高清演播室箱式镜头。

制作完美的高清演播室节目时,

**必须认识到, 摄像机并非是决定图像锐度、对比度或色域的主要因素。**

要求在整个图像中实现总体良好的锐度, 并具有优秀的色调和色彩还原。能够较好地保持图像边缘锐度(所有轮廓和过渡的准确再现, 边缘不会模糊), 具有高对比度, 并且能够忠实再现场景中的全部纹理。演播室节目制作要求在整个16:9图像平面中优化图像, 因为在新闻采访和脱口秀节目中经常需要对处于图像边缘的主要人

物进行构图(参见图2)。

选择演播室摄像机和镜头时需要遵循一些关键原则, 包括:

- 仔细评估表1中所列的镜头参数, 包括锐度、色调和色彩还原。
- 摄像机不可替代镜头的作用。必须认识到, 摄像机并非是决定图像锐度、对比度或色域的主要因素。更确切地说, 是利用数字视频调控功能来实现对各项参数的创作优化。
- 高清镜头是再现细致纹理的主要控制因素, 同时也与灯光师、化妆师和摄像师的创作技巧紧密相关。
- 演播室布景可能具有较大的水平和垂直边缘。在广角拍摄中, 这将考验高清镜头的几何失真控制能力。相关的规格并没有发布, 只有对高清镜头进行严格的主观测试, 才能了解镜头对几何失真的优化程度。

还需要采取更深入的措施进行优化。工程技术部门和制作部门应组成团队协作工作, 并在精确标定的大屏幕(60英寸或更大)高性能高清监视器上查看最终的高清图像。聘请专业演员或模特进行拍摄, 对于初始测试和调

整也是一种良好的投资。制造商技术专家参与拍摄, 对新摄像机的使用会大有益处。开始拍摄时, 调节好摄像机使其准确再现演播室场景, 即忠实再现镜头生成的物体图像。在此阶段不要使用数字图像增强或色彩校正功能。调节好光线亮度与镜头光圈, 以实现所需的面部亮度和演播台上的新闻主持人与演播室布景之间的焦深。

调节各种摄像机RGB调控功能(使用适当的灰度及彩色测试图), 以实现最黑处和参考白之间优秀的色调再现。然后使用摄像机中现有的全部非

线性工具, 对演播室曝光过度的高光部分及深度阴影部分的细节进行优化再现(参见图3)。

在演播室布景下拍摄特写镜头



图3: 显示在使用中景镜头拍摄时, 图像边缘锐度得以更好的保持, 纹理信息随空间频率而增加。要想实现这种图像特征, 需要在整个图像平面上对所有图像属性进行优化。

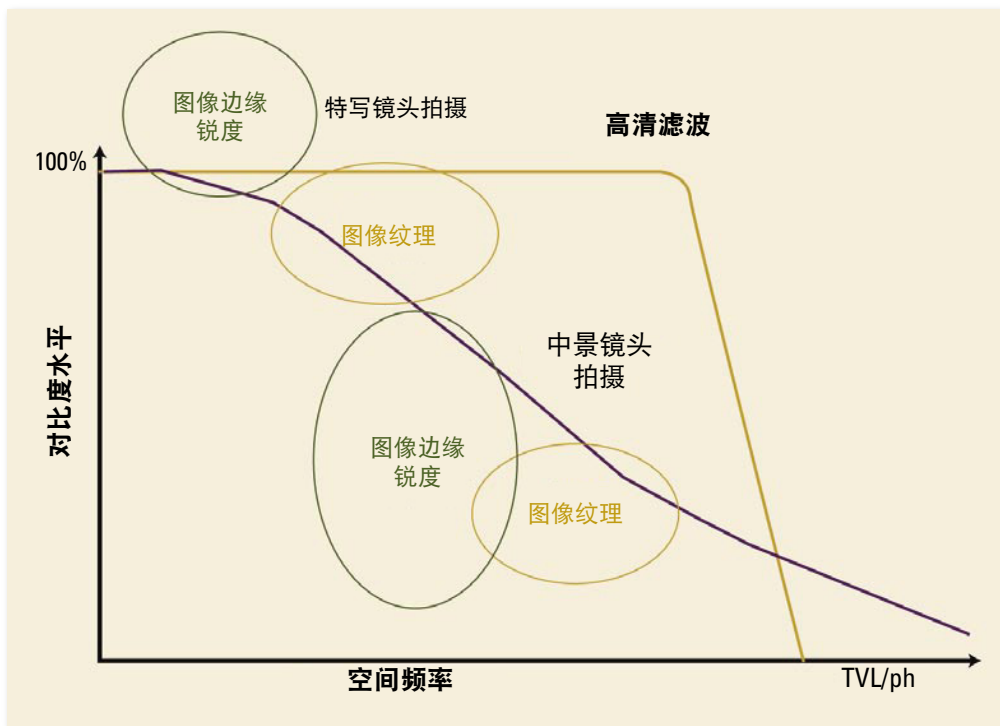


图4: 显示镜头焦距改变如何导致图像边缘锐度和纹理对应的空间频率沿高通镜头-摄像机曲线变化——这就需要摄像机数字图像增强进行单独优化设置。

时, 需要对主持人和主要人物进行必要的处理, 这就要求对照明和化妆效果进行最终调整。化妆效果应该淡雅均匀。力求在大屏幕高清演播室监视器上再现具有细腻纹理的自然锐度。之后, 使用中景镜头拍摄沿新闻演播台坐落的三个人物(最好有三种不同的皮肤和头发颜色), 并在整个16:9图像平面上进行构图。三个人物的锐度、对比度和色彩在主观上应该相同。到这一步, 就节目制作而言, 应该可以做出最终的创作决定, 即应用(或不用)少量的数字图像增强功能, 以使大屏幕监视器中的三名主持人图像得到主观优化。然后针对单独一名主持人的特写镜头图像, 再次仔细确认上述设置。在两种设置中选择一个最好的折中方案(光学图像细节的精细程度随镜头焦距而变化, 如图4所示)。

最后, 在高清监视器上查看各种色彩的素材(高饱和度及柔和), 包括主持人最喜欢的服装。这有助于最终决定高清摄像机可能需要的二级色彩校正的程度。

## 最大化高清外摄镜头-摄像机性能

新一代的非磁带式高清摄录一体机充分利用多种技术降低成本、体积、重量和功耗。摄像机系统包括各种画幅尺寸、CCD与CMOS成像器件技术的选择(相应的传感器数量也有多种选择)、A/D转换中不同的位深度以及数字非线性RGB视频计算的不同DSP位深度等。为满足这些新型非磁带式摄录一体机的成本与性能的需求, 镜头制造商推出了专门设计的普通便携式高清镜头。

另外, 高清摄录一体机的记录系

统采用各种有效的码率降低策略，以满足不同介质特定的记录时间，包括磁带、光盘、硬盘以及固态存储卡等。这些策略包括分量视频色彩记录、数字滤波及降低位深度，最后是采用先进的压缩算法(许多算法具有非常高的压缩率)。这些处理都会在

要遵循一些关键原则，包括：

- 相对于高端演播室镜头，高清ENG镜头在图像边缘处的锐度会有所下降。图像边缘的对比度同样会降低(相对光线分布特性)。光学像差也会变大。
- 最低限度的使用数字图像增强功能



图5：高清ENG图像应该力求在图像中央部分(通常是对主要人物构图的位置)实现成像优化，而忽略任何固有的轻微图像边缘缺陷。

成像中产生微妙的影响。

最大化高清ENG图像性能的标准与高清演播室摄像机的标准截然不同，即必须在所列出的技术限制条件下尽可能获得最佳的图像。在此过程中，工程技术部门必须与制作部门、新闻摄影师密切配合。优先考虑的是优化图像平面中央的锐度、对比度、色彩和曝光宽容度。

在记录介质上能保持的出色图像边缘锐度，应该是ENG的主要关注点。高清ENG镜头在低频段和中频段的空间频率范围内可以为摄像机提供宝贵的对比度细节，而不会产生伴随噪声、信号失真或压缩失真。

在ENG拍摄中会面临无法预测的场景照明条件(白天和夜晚)，因此需要特别着重优化摄像机的动态范围，使其与记录系统位深度保持一致。

选择ENG高清镜头和摄像机时需

在ENG中尤为重要，因为记录系统的滤波和压缩会进一步放大相关的信号失真和噪声，并改变由增强功能产生的边缘过渡。

- 需要耐心、反复地进行测试和调整，以最大化新型低成本非磁带式镜头-摄录一体机系统的回放性能。

还需要采取更深入的措施进行优化。从摄像机开始(先不考虑记录系统)，使用多数高清摄录一体机具有的直接HD-SDI传输功能。要实现高对比度场景的最佳色调再现，需要特别注意总体非线性传输特性的设置(黑电平、白斑、gamma、黑gamma和黑knee等调控功能)。

在摄录一体机中记录各种精心选择的测试图像(白天和夜晚的新闻采集)，并在准确标定的大屏幕高清监视器上回放图像(最好为60英寸对

角线)。与未经处理的摄像机图像相比，记录系统对成像的影响就会非常明显。例如：某些场景色彩细节可能会受到色彩分量编码策略(如4:2:0和4:1:1)和相关的数字滤波的影响。

纹理细节可能会由于数字记录码率降低策略的影响而轻微减少。要对这些影响进行补偿，需要反复调节摄像机图像增强调控功能(每次都需要记录和回放)，以优化中景镜头所拍摄图像中央的锐度(参见图5)。

最终证明通过一系列的优化调节，可以在图像中央区域生成最清晰、锐利的高对比度图像。任何边缘位置存在的成像缺陷则无关大局。多数的高清摄录一体机都可以将这些特殊ENG设置存储在存储卡上。

## 总结

配备演播室高清箱式镜头的高清演播室摄像机可提供最优秀的高清性能，在整个图像平面实现可能企及的最佳图像质量。只有演播室箱式镜头才具有所需的全部性能属性。如果高清ENG摄录一体机配备便携式高清镜头，就无法提供与演播室箱式镜头同样的性能。尽管如此，在新闻制作中其作用依然非常重要。由于这些摄录一体机利用了强大的当代数字摄像机调控功能来优化高清回放效果，所得到的高清图像性能仍然非常出色。

Larry Thorpe是佳能美国广播器材产品部的市场总监。

本文最早发表于2007年9月出版的Broadcast Engineering(《广播工程》)杂志。