



特 别 报 导

高 清 镜 头 设 计 :

演播室应用的创新

作者: LARRY THORPE

传 统的演播室镜头长期以来一直被奉为各种镜头类别中体现最佳性能的旗舰产品。这种镜头的大光圈结构是其实现高光学灵敏度的基础,但这种结构需要采用较大的玻璃镜片,进而导致重量增大。

在过去的六十年间,由于不断追求更广的视角、更大的变焦比和不断升级的性能需求,电视演播室镜头的体积越来越庞大。今天,要优化高清镜头并非易事。

尽管摄像机和录像技术发展的速度远远超过了光学元件,但过去几十年来在光学领域仍然取得了令人惊讶的成就。一个很好的例子就是可直接安装到便携生产型摄像机上的小型高清演播室镜头。

高清演播室的性能期望

作为衡量最佳性能的标准,在全世界电视机构的正式技术性评估中,当代的演播室镜头经受了最严格的评估。在特定的图像

性能参数方面,以下为演播室镜头设计时普遍认可的主要目标:

- 实现最大相对光圈孔径,确保在低场景照明条件下以高信噪比采集高清图像。
- 通过最大限度地减少在最暗的条件下的眩光和杂光、重影及强光源造成的与强光相关的光学干涉,实现最佳的对比度性能。
- 优化从图像中央到最外边缘的相对光线分布
- 在像平面的图像中央和边缘区

物理参数	XJ22 x 7.3 小型演播室	HJ22 x 7.6B EFP便携式
光学口径	150mm	105mm
总玻璃长度	316mm	222mm
重量	13.4lbs	6.03lbs

表1. 焦距相同的全新小型演播室高清镜头与当前EFP便携式高清镜头物理参数比较

域同时保持较高的调制传递函数(MTF)特性(在整个像平面尽可能地保持均匀的MTF特性)。

- 将像场弯曲降到最低——造成图像边缘散焦的典型光学像差。
- 精确控制球面像差和彗形像差——在整个像平面上降低MTF的散焦缺陷。
- 将像散降到最低——另一个在影响MTF的散焦缺陷。
- 最大限度地减少横向色差，即模糊和色彩细节错位(特别是像平面的边缘)，由此直接影响镜头MTF。
- 最大程度消除几何失真，特别是在广角端。

便携摄像机设计的发展

经过缓慢却又不可阻挡的发展，许多便携摄像机已经具备了大型演播室摄像机众所周知的图像性能、操作灵活性及系统化特点。今天，许多这种便携摄像机，包括标清和高清摄像机，在性能上和创作灵活性上几乎与相应的大型演播室摄像机不相上下。

对最高性能镜头(不可避免地导致镜头体积庞大)、增强的操作性能、更好的系统设施与接口的要求，推动了耐用的大型演播室摄像机的发展。对很多人而言，这还是重要的考虑因素。

有很多终端用户认为，当前便携式摄像机的性能足以满足许多演播室的拍摄需求。利用升降台系统(某些人称之为支架)可以迅速将手持便携摄像机重新构建

为使用大型箱式镜头的传统演播室系统，这对于某些形式的节目创作所需的操作性能十分重要。而对其他人而言，使用升降台并没有吸引

力，或没有必要。镜头-摄像机系统的成本仍是主要的影响因素。因此，对这些人来说，只要能够满足应用要求，就会选择在演播室中使用便携式摄像机和便携式EFP镜头。

佳能相信，一个增长的客户群(如黄金时段电视剧制作和旗舰新闻演播室)正在追求最高质量的演播室性能，也正在不断寻求更好的折衷方案。这种信念成为投资的根据，投资开发小型高性能演播室镜头，用以直接连接所有主要高清和标清2/3英寸便携式摄像机，而不必使用复杂的支架。

物理参数	大型演播室镜头 25xs	小型演播室镜头 22xs
尺寸	558mm × 250mm × 255mm	336mm × 165mm × 17mm
重量	47lbs	13.4lbs

表2. 小型演播室高清镜头与传统演播室箱式镜头的尺寸和重量比较

小型演播室镜头的设计目标

在开发这种镜头的过程中，应用了演播室镜头的经典设计标准。下面总结了小型镜头的总体设计目标：

- 与传统演播室箱式镜头相比显著地缩小了总体积(总体积比较大镜头缩小了三分之一)
- 重量几乎与当前的便携式摄像机相等
- 将全高清演播室性能尽可能提到最高
- 不牺牲以变焦、聚焦和光圈调节等操作的精度、可重复性、操

作速度为评价标准的操作性能

- 内置所有当前接口(机械、虚拟演播室)
- 适合高端演播室镜头系统的创新数字控制

物理特性

在满足这些标准的基础上，开发出全新的具有20倍变焦比和7.3mm焦距的广角端的小型演播室镜头。

在经过初始的计算机仿真分析后，我们决定选择150mm的口径。保留了光学元件的全部演播室配置，从而能迅速决定光学路径的总长度(参见表1)。相对于便携式EFP镜头，采用的玻璃器件数量有巨大的增长。

然而现在必须恰当地对待这种差异，即它与之前谈及的庞大的演播室箱式镜头物理参数的关系。(参见表2)镜头设计的美学效

果可由将其安装到当前便携式高清摄像机上的外观略窥一斑。参见第4页的照片，以了解XJ22镜头与典型高清演播室镜头相比体积缩小的程度。

小型镜头的性能

所需的大视角和变焦比密不可分(在基本的可控光学设计方面)，镜头设计师也希望小型演播室高清镜头同时具有7.3mm焦距的广角端和22倍的变焦比，这是符合多数演播室需要的相当合适的操作参数(参见表3)。实现如此

构图	XJ22 x 7.3B
物体图像格式	2/3英寸 16:9长宽比
物体图像尺寸 (成像于摄像机传感器)	9.59mm (H) × 5.39mm (V)
变焦比	22x
使用倍率镜的焦距范围	7.3mm — 161mm 14.6mm — 322mm
视角	
7.3mm	66.7mm × 40.6mm
161mm	3.4mm × 1.9mm
使用倍率镜	
14.6mm	36.4mm × 21.0mm
322mm	1.7mm × 1.0mm

表3. 小型演播室高清镜头所实现的具体角度

大的视角对于保持较小的几何失真构成一定的技术挑战，但是我们还是在镜头设计中成功地实现了当代的性能水平。

这种全新的小型镜头可以实

色彩还原

镜头的光谱透射率特性在预先确定摄像机系统总体色度时具有最主要的影响。光谱透射率曲线的形状(特别是在可见光谱关键

画面中央的MTF约为82%(大型镜头为84%)，光学参考频率为56 LP/mm(1080线系统约为600 TVL/Ph)。在最大广角端焦距时，中央到边缘的MTF变化特别明显。

的蓝色端和红色端)必须与数字摄像机分光系统的RGB光谱分离、图像传感器的光谱特性连接在一起，才能实现数字摄像系统的最终色度。将摄像机操控装置设置于固定位置时，透光系统必须预期满足SMPTE 274M/296M(及国际ITU R BT 709标准)高清制作标准中指定的色度要求。

还必须考虑对数字摄像机色彩还原的后续创意控制，以满足制作需要。在这种情况下，为成功控制所选色彩(亮度、色度和饱和度)，可以在摄像机视频操作面板上以数字方式改变指定的非线性传输特性和色彩矩阵，这一功能会在镜头/分光镜/传感器的组合中预期尽可能广的色域。在这种组合中，镜头的作用在某些时候被低估。

小型演播室镜头具有82%的高透光率，原因是与大型箱式镜头相比，使用较少的镜片。

光学性能	大型演播室镜头 25xs	小型演播室镜头 22xs
最大相对光圈孔径	1:1.5 (6.8mm — 122mm时) 1:2.1mm (170mm时)	1:1.8 (7.3mm — 111.5mm时) 1:2.6 (161mm时)
最小摄距	0.6m	0.8m
视角(度)	70.4mm × 43.3mm 3.23mm × 1.82mm	66.7mm × 40.6mm 3.4mm × 1.9mm

表4. 小型演播室高清镜头与传统演播室箱式镜头的性能比较

现1:1.8的最大相对光圈孔径，从而保证16:1的变焦比(参见表4)。这可以满足大量的普通演播室需求。这种规格意味着如果将此镜头用于具有f10灵敏度的便携式高清摄像机(在2000勒克斯的3200度场景照明条件下)，则镜头-摄像机系统可以在最大光圈及约75勒克斯的场景照明条件下(小于7.5英尺烛光)实现完全的100 IRE视频信号亮度电平。

小型演播室镜头的MTF性能

与传统的大型镜头相比，在设计这种全新的小型演播室高清镜头时的不利因素是仍然存在某些约束(尺寸和重量)，从而提出了一些特殊的挑战(参见图1)。在

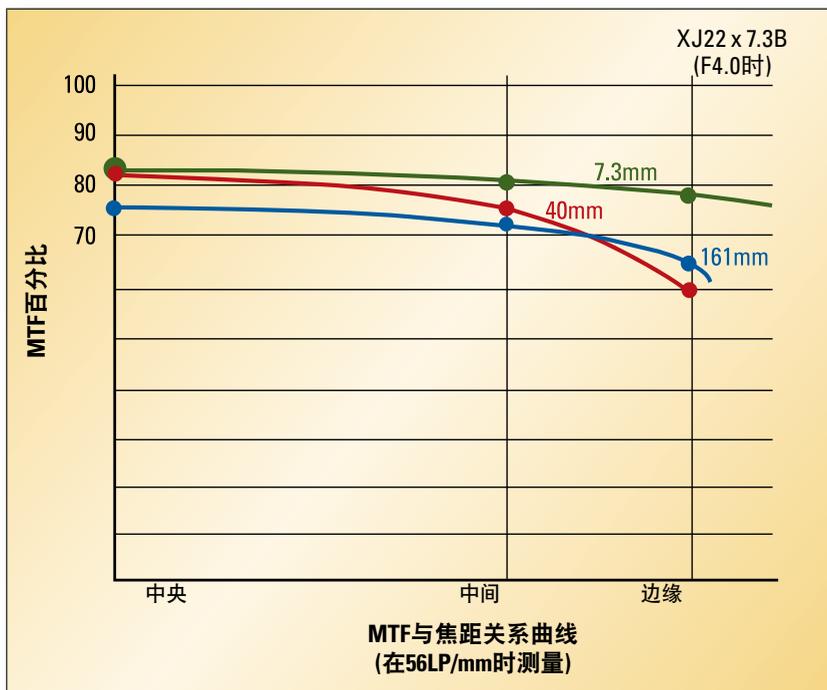


图1. 显示了小型演播室高清镜头在不同焦距时像平面的MTF曲线

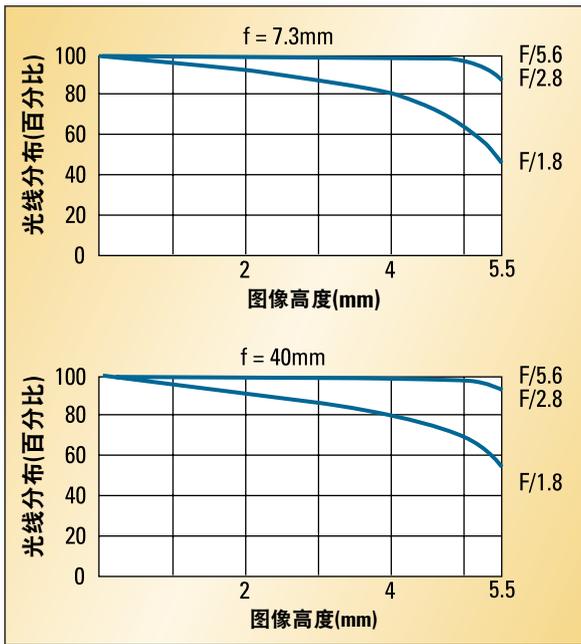


图2. 显示小型演播室高清镜头的相对光线分布特性

尽管透光率存在差异，但由于大型镜头明显具有更大的光学系统，从而拥有更大的光通量，所以大型镜头仍然具有更高的灵敏度。

相对光线分布

所引述的特定演播室镜头的 f 值是一种衡量镜头在像平面中心透光率的标准。光学科学中的另一项令人困扰的问题，就是不能在整个像平面上完全保持均匀的光通量。

如之前此系列镜头文章所述，由于视角的影响，画面中的渐晕造成光强度下降。这种下降可典型地以曲线图说明，图中显示从画面中央沿径向(称之为画面高度)光照水平的不足(参见图2)。

小型演播室镜头的数字接口

当今的演播室镜头应该有连接机械系统和虚拟演播室系统的能力。全新的小型演播室高清镜头配有标明虚拟接口的20针连接器，三个光学旋转编码器的16位数字输出可以用于与数字机械和虚拟演播室系统进行直接和双向

数字通信。另外两个20针连接器提供了与佳能数字变焦和聚焦控制器的直接通信接口。

还有一个可选的PC接口可用于连接镜头。利用该接口可实现在镜头和计算机之间的数字通信链路(使用特殊软件)，以实施镜头诊断。

精密控制和数字显示

使用全新的微型16位光学旋转编码器提供全新水平的控制精度。控制器与高分辨率镜头系统结合，在变焦和聚焦控制上提供了13位的可重复性。具有摄像机数字光圈数字调节功能的数字接口，具有10位的兼容性。变焦伺服功能提供了从0.5秒快速变焦到3分钟超慢速变焦的超大动态控制范围。镜头具有内置的信息显示屏(安装在侧面靠近镜头后部的的位置)，提供了内嵌于镜头控制系统的众多数字操作功能的大量信息。

可以选择不同的变焦伺服特性，以实现丰富的创意变焦运动控制。镜头还支持预编程多种功能，如在两个选定的焦距间自动梭动、预设组帧和预设变焦速度等功能。

结论

全新的小型演播室高清镜头的设计(型号XJ22x7.3B)迎合了行业日益增长的需要，是有助于在演播室拍摄环境中部署的更具性价比的小型便携式生产型摄像机。寻求与小型摄像机和录像机并肩发展，这是高清镜头发展策略的典范。

尽管其各种成像参数并不完



照片：小型XJ22高清演播室镜头与典型全尺寸高清演播室镜头的比较

全能与大型演播室镜头匹敌，但其间的差距并不大。在新设计中仍然采用与大型演播室镜头同样广泛的优化策略，以像平面MTF、对比度、相对光线分布、光学灵敏度和色彩还原方面为重点进行优化。这种全新的镜头加速实现了更具性价比、更小、更轻的演播室镜头-摄像机系统，从而可以使用较小的支架，非常适合于演播室机械系统。

Larry Thorpe是佳能美国广播器材产品部的市场总监。