

白皮书
#1

高清镜头设计

镜头的创造力

镜头与摄像师

早在相机问世之前数百年，人们就在研究镜头的设计艺术了。光学镜头确实经历了长期的发展历程。在此过程中，最早是作为实时观察图像的基本光学工具，即显微镜和望远镜，如十六世纪伽利略发明的天文望远镜。又过了很长一段时间，直到十九世纪中期，镜头才成为在新照相介质上拍摄图像的主要工具。消费摄影市场的增长带动了全世界镜头技术的发展，直到今天这种势头仍然强劲。随着在二十世纪初电影的出现，娱乐节目制作成为镜头发展的巨大引擎。半个世纪后，电视的出现为人们带来了实时的动态图像，极大地扩展了电影制作的范围。至此，在日益进步的电影摄影机和电视摄像机的推动下，光学镜头更加蓬勃发展起来。

在这个过程中，无数实践者的聪明才智将此光学工具发展成一种具有巨大创造力的器材。镜头不但可以为电影摄影机或电视摄像机形成光学图像，更是一种强大的图像控制手段，可以强化艺术效果，增加表现力。这种非常重要的创造性作用有时被认为是理所当然的。摄像机镜头已经成为一个成像场景的独特诠释者，可对所拍图像的个别属性实现精细的光学控制。实际上，电影摄影艺术本身就需要在图像管理中积累丰富的技术，这些都是由镜头中融入大量创新的操作功能实现的。

镜头的作用

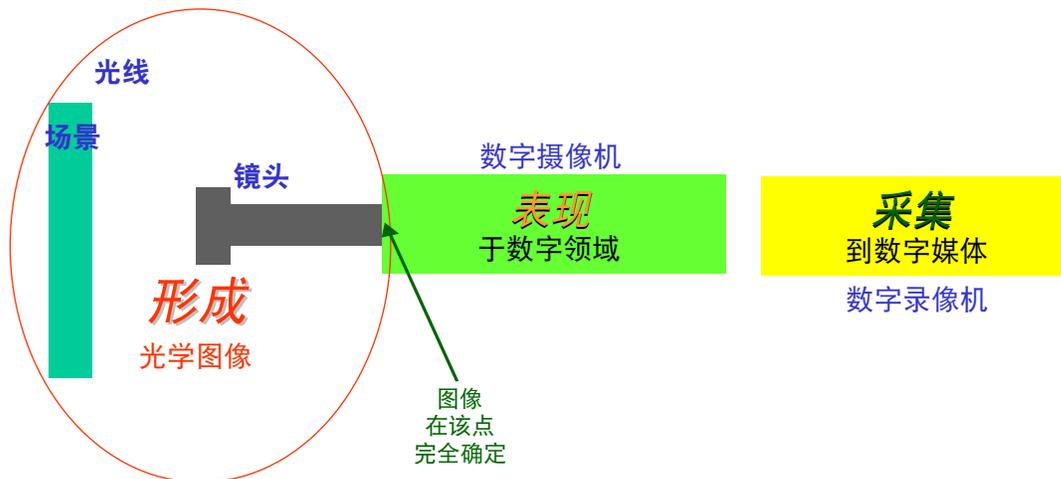


图1 电影摄影师通过与场景设计及灯光人员配合，对镜头进行控制，以实现在摄像机传感器上的理想成像。

图像的多重属性

所有图像都具有多维性，也就是说具有多种可单独量化的属性。正是由于这些属性的主观集合，才能产生图像的最终审美价值。不论是绘图或绘画，还是拍摄照片的打印件或采用光学或数字方式投射的图像，都是如此。在拍摄数字电影时，最终的画面上将体现多种图像属性，而这些属性是由镜头本身预先决定的(与光线密切相关)。某些图像属性可以进一步通过摄像机(胶片或数字)、录像系统，最后是显示系统(光学或数字的)进行调整。不要忘记，实际上镜头的主要作用就是对从物体场景中再现图像的多数属性进行必不可少的调整。

当今行业激烈的竞争主要集中于数字成像领域，于是乎对镜头作用产生了一种这样的理解，认为镜头仅仅是准备光学图像，然后在数字摄像机中成像，最后记录在数字媒体上。但是，实际上更为准确地说，可以认为是由镜头最先*创造*所需图像，而摄像机的技术挑战就是通过光电转换真实地再现镜头所创造的图像，随后的数字记录将忠实地采集摄像机数字再现结果，参见图1。这丝毫不会减弱现代数字摄像机进一步增强图像的作用(这是开创性的追求目标)，如图2所示。当然，在现代摄像机中丰富的数字RGB视频处理器的确会提高这种能力到一个前所未有的水平。但不论是从美学效果还是创造力方面来说，镜头仍是当之无愧的最终图像质量的决定因素。

高清数字摄像机的作用

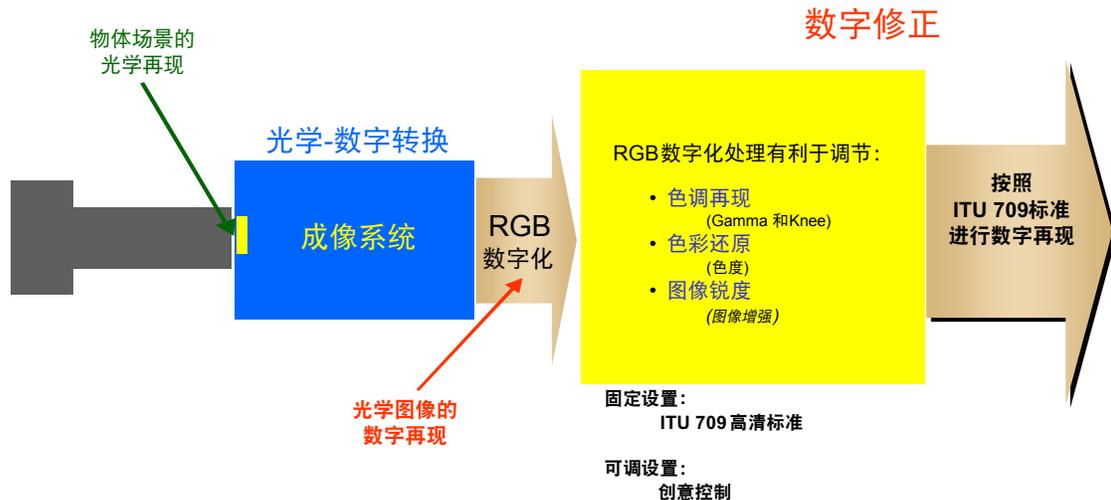


图2 高清摄像机对镜头拍摄的图像进行光电转换以实现图像的数字再现，然后按高清制作标准通过数字处理实现特定的图像数字再现。

在研究广播和制作领域应用的各种类别的高端镜头之前，首先了解光学图像的多重属性，然后从镜头的创造力和技术功能角度来了解镜头——这样的过程是具有启发作用的。

光学图像的多重属性

视角 – 决定图像首要的“构图”。它是一种技术上的限制，即根据镜头焦距、画幅尺寸及镜头形状，决定被摄体场景的成像。其过程类似于人的视觉。

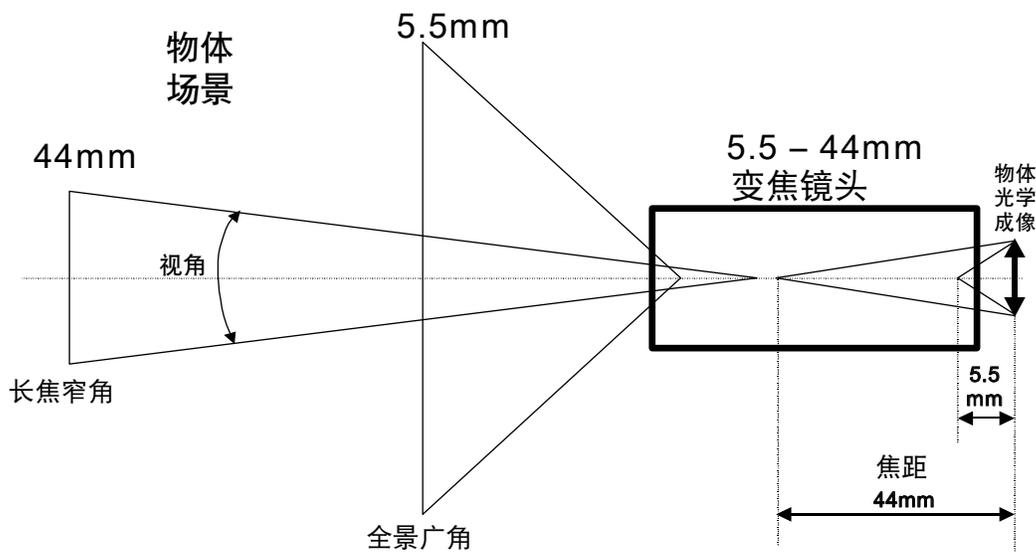


图3 根据其焦距限制，镜头可以“看到”一个特定的物体场景范围，该范围以角度来表现。此图说明了一个8倍变焦广角镜头在5.5mm的短焦端具有最大的视角，而在44mm的长焦端具有最小的“远摄”视角。

变焦 – 在镜头的历史发展过程中，变焦是一种近期出现的纯粹的光学现象。它将构图提升到一个全新境界——无需改变镜头与被摄体场景间的距离，就可实时地动态调整视角。这意味着成像过程得到了一种人工的、强大的提升，加速了人的眼脑视觉综合系统无法复制的图像显示。

景深 – 指镜头系统的一种基本制约因素：光学图像在一个特定场景被摄体(在该处镜头精确对焦)前后的有限范围内聚焦。景深随镜头图像直径、镜头焦距和光圈设置不同而变化。电影摄影师灵活地调节光线和镜头的设置，创造性地利用景深的作用使所选的场景物体精确聚焦，而使场景中的其他景物散焦。这有助于表现二维光学图像的深度感。人的眼脑视觉系统无法做到这些。

透视 – 任何图像再现中的一个基本属性(绘图或绘画、胶片、电子显示)。用于表现人的视觉系统观看真实场景时感受的三维效果，即：物体尺寸线性地减小，直到消失在观察者的视野中。直到十五世纪，在绘图与绘画中准确体现透视效果才成为一门科学。到了二十世纪初，在现代艺术领域中人为地利用透视效果成了一种重要的、全新的艺术自由。镜头的设计在某种程度上也可实现对透视效果的控制，这当然地成为电影摄影师的一种优秀创作工具。对于不同的镜头视角和焦距，可能分别具有“强烈”的透视和“微弱”的透视效果。例如，超广角镜头可以在前景和背景之间表现出强烈的分离感。鱼眼镜头则将这种透视效果发挥到极限。总体而言，优质电影镜头的发展深受电影摄影师的影响，他们期待着利用这种特别的创造能力来追求更加卓越的表现力。

光圈控制 – 通过调节镜头光圈可以控制大范围的场景光照水平。也就是说，镜头模仿强大的人类视觉系统来控制进光量，使其达到与传感器饱和曝光量(人眼视网膜或摄像机传感器)相适应的水平。

对比度或色调再现 – 用于衡量镜头适当再现物体场景中光照水平的完全动态范围的能力。它是对镜头光学系统可以保持场景中不同亮度水平差异程度的忠实度的衡量。高对比度的镜头既可以同时区别场景中高亮度部分的不同亮度水平，也可以同时明确地区别场景中阴影区域不同的低亮度水平。

色彩还原 – 是一种体现镜头透光性的重要光学图像属性。该特性随着通过镜头光线的波长不同而变化。通过镜头光线的色彩平衡以色温表示。在胶片摄影机的镜头设计过程中，必须熟知所用特定胶片的感光乳剂的色度特性。在数字摄像机的镜头设计过程中，必须结合摄像机的分光系统以及所采用传感器的色度特性。

图像锐度 – 镜头光学系统在一定范围的空间频率上对比度再现能力的总体反映。这是所有图像属性中最复杂的。而且，在镜头中，它涉及到评估在二维图像上多个点处的分辨率性能和调制传递函数(MTF)。人的眼脑最终看到的是镜头图像锐度、采集媒体(胶片或录像带)、显示媒体(打印、显示器或投影)等因素综合作用的结果。但是镜头才是所感知到的图像锐度的主要决定因素。

镜头设计的差异

如果将上面列出的与镜头相关的成像属性分为两组，可以有趣地看出区别镜头类型的主要因素。第一组集合了各种真正“塑造”从物体场景中拍摄的光学图像内容的镜头特性参数。第二组为镜头在摄像机输出的图像中留下的深刻印迹，即镜头的性能参数，这些参数直接影响镜头在摄像机图像传感器上所形成光学图像的主观图像质量。

塑造光学图像

- 视角
- 变焦比
- 景深
- 透视
- 光圈

影响图像质量

- 对比度
- 色彩还原
- 图像锐度

显然，使用数字摄像机的摄像师可以直接控制镜头成像系统的上述五个属性，以塑造或调整进入摄像机的光学图像。这些镜头属性与电影摄影师艺术地利用相关的镜头操控装置相结合，将直接影响成像的美学效果。单独来看，也可以通过镜头前放置光学滤镜，对上述的三个图像“质量要素”进行某种程度的控制。还可以在摄像机内进行深入的数字控制。

镜头的图像创作需求

镜头设计的领域得到了广泛的拓展，每项设计都能够实现丰富的功能。最终，每项设计都针对特定的拍摄应用需求进行定制和改进。这些应用进而可以根据特殊的操作需求，针对图像的某些属性控制进行分类。镜头外形尺寸或重量的显著差别，与特定的镜头操控方面的优先级相关联，以控制所需光学图像的某些优先属性。

电视直播体育赛事的独特世界

在一种极端情况下，即现场直播电视体育赛事过程中，特别需要镜头高速进行大范围变焦的功能。就是要将迅速改变视角的能力与有效拍摄快速体育比赛的动态变化紧密结合在一起。镜头就是现场赛事的最佳解说员，能够将现场情况及时地呈现给观众。远景镜头可以覆盖整个球场，再穿插一些中景镜头(如关注某些运动员特定的活动)，还有特写镜头可以

刻画场上个别运动员的表情。这种镜头现在已经实现高达 100 倍的变焦比；由于体育报道经常在夜间拍摄，或是既要拍摄球场上阳光明亮的部分，而同时还要拍摄同一球场处于阴影中的部分，因此还必须具有极高的灵敏度(或大镜头光圈)。

优质电影镜头的必要条件

另一种极端情况就是，在电影中拍摄多场景时需要配合场景灯光的调整，细致、认真地实时调整视角和景深。在这种情况下，操作速度通常不是问题，但精度非常重要。机械调节的精度、相关的焦距与光圈显示的精度则是电影摄影师最关注的问题。电影拍摄中通常会进行排练和多次拍摄，以追求成像的艺术效果，这与电视体育报道有着显著区别。

电影摄影师通过精心调节场景灯光、光学滤镜、图像视角及景深，塑造和调整图像，他们对寻像器中的图像有一种亲切感，而这总是需要与镜头的亲身接触才能实现。电影摄影师毕竟是通过亲身参与一个高度复杂的图像转换过程，即将由三维现场场景提取的图像转换为二维光学图像。因此电影摄影机的光学寻像器颇受钟情，它可以精确地表现电影摄影师的创作意图。也是由于这个原因，电影镜头发展成为一种与视频镜头完全不同的工具。

代表现代电影镜头的细节艺术体现了电影摄影师们所追求的精度，他们痴迷于创造电影导演们追求的“效果”和气氛。

ENG 镜头的严格要求

在灵敏的大变焦镜头和优质电影镜头这两种极端镜头之间，现在还有多种类型的镜头，分别针对以现代电视和戏剧演出为代表的多种形式的节目制作需求而精心打造。新闻广播或电子新闻采集(ENG)类镜头被赋予特别的拍摄标准——被形象地描述为“快攻”镜头。移动性成为一个主要的必备要求，还要求对变焦和聚焦有快速响应的能力，因为在ENG拍摄中，几乎没有排练和二次拍摄的机会。在竞争激烈的新闻领域，成本压力非常大，制造商不懈地优化ENG镜头设计，在允许的必要成本内实现小体积、低重量、低功耗与最佳性能的最实用组合，高效进行设计和制造。

制作演播室的要求

另一方面，电视新闻演播室将安装于精密底座的演播室摄像机与长期积累的演播室实践融为一体，因此对镜头的主要期望又转回到高性能、变焦和聚焦的高精度控制上。这种镜头采用手动(电视摄像师)和伺服两种控制方式。对于伺服控制，开发了一种特殊的镜头控制系统。

电视剧工作室的镜头代表真正的高质量，客户期望这种镜头具有最佳的灵敏度、对比度、图像锐度和色彩还原能力。

总结

本文的目的是介绍现代高清镜头的总体发展情况。包括镜头在光学图像形成方面的多种属性，以及不同节目创作应用所具有的各种优先考虑因素(有助于区别不同镜头种类)。

高性能数字摄像机镜头，特别是高清摄像机镜头，保证了精心优选的镜头能够与所期待成像效果相匹配。必须要理解镜头对最终数字图像各种特性的影响程度。传输到摄像机传感器的光学图像质量越好，则利用现代数字摄像系统这一技术奇迹进行转换的数字再现效果越完美。

在下一篇文章中将从光学设计师竭力优化多维高清图像的技术角度，审视高清广播级演播室变焦镜头。