

数字电影制作过程的视觉效果质量控制

何树荣 肖宗扬 何 壮

(清华大学精密测量技术与仪器国家重点实验室, 北京 100084)

摘要 介绍了数字电影后期制作过程中视觉效果质量控制方面的问题, 分析了制作环节视觉效果的影响因素, 并提出了实用的测量方法和仪器. 同时为了建立一个有效的模型来比较不同媒体图象记录和复现的视觉效果质量, 还讨论了不同设备的图象复现能力和特性, 以曲线确定而非简单公式转换等一系列非线性因素. 对每种因素和设备的调整参数采用由软件计算出来的查找表. 并开发出一个适用于数字电影制作工作室设备校准、系统调试和图象质量测量的视觉效果管理系统.

关键词 数字电影 视觉效果 色彩管理系统 图象复现

中图法分类号: TN948.7 TP319.J935 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2000)11-0953-05

The Visual Effect Quality Control During the Digital Film Making Process

HE Shu-rong, XIAO Zong-yang, HE Zhuang

(The State Key Lab for Precision Measurement Technology and Instruments, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract This article presents problems coming out with the aspect of visual effect quality control of the digital film making process. The various factors contributing to effects of visual quality during image reproduction from analog to digital and from digital to analog are analyzed and the practical methods and instruments to measure them are introduced. To construct an effective model for comparing the visual effect quality of images recorded or represented on different media such as film, videotape, hard disk and monitor, we separate a series of functions, which reflect the abilities and characters in image reproducing of different devices. Those non-linear functions are identified as curves that can not be converted into simple formulas precisely. Referring to the Color Profile System used in desktop press industry, we adopt lookup tables for each function and device. Those lookup tables represent the characters of each device and the cross-influence are calculated by software. Based on the studies of those lookup tables, we developed a visual effect management system for digital film making studio, which combines the device calibration, system adjustment and image quality measurement together to parallel the digital film making procedure.

Keywords Digital film, Visual effect, Color profile system, Image reproduce

0 前 言

1993年, Kodak公司推出Lighting电影胶片扫描/记录设备和Cineon电影后期制作软件, 揭开了数字电影的新纪元. 一个数字电影图象后期制作体

系是由胶片扫描输入系统、数字特技制作系统、非线性编辑合成系统、存储系统、胶片输出系统以及视觉效果控制系统等几部分组成(图1), 各部分之间则通过SCSI 2标准通信接口与高速以太网或光纤网相连^[1,2].

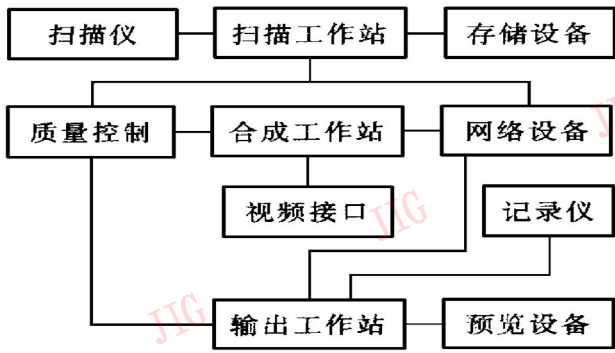


图1 数字电影后期制作体系

数字电影制作是将胶片(通常是负片)上的素材图象转换为数字化文件,利用计算机进行合成、特效处理和编辑,再经数字化输出设备记录在电影负片上,送洗印厂冲洗。最终的影片恢复为记录在电影正片上的密度图象,然后将其在影院里利用传统设备放映。由于影片原始素材和最终产品都是记录在透明胶片上的密度图象,为了保证影片在视觉上的真实性,并忠实于实拍场景,则要求数字化过程不能对原有密度图象的参数产生影响。另一方面,由计算机生成的角色或场景也应与实拍的素材具有一致的明暗、色调、光影等特性,以免暴露特技处理的破绽。总之,如何保证数字电影制作过程中各阶段视觉效果的一致性,及其与最终观看效果的一致性,是数字电影技术应用的关键。截至目前,世界上尚无通行的标准和设备用于保证这种一致性,各大制作机构通常靠自己摸索的经验完成系统的调校。但对于资金和经验较少的制作单位,尤其是在我国,则很难获得同样优秀视觉效果的作品。因此迫切需要能够提供一套通行的视觉效果控制手段和标准。

1 数字电影制作流程中图象的复现

图象复现在数字电影工艺流程中表现为:(1)原始素材到扫描输入的数字化图象文件;(2)数字化图象文件到计算机显示屏;(3)数字化图象文件到输出电影胶片(图2)。

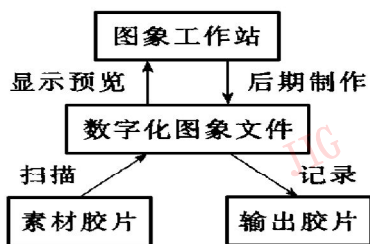


图2 数字电影制作流程中的图象复现

以上3个阶段的图象复现视觉效果的一致性,保证了最终得到的影片与拍摄的场景在欣赏感觉上的一致。由于计算机保存的图象文件是数字化的,所以数字电影实际需要评定的是原始素材胶片到计算机显示屏、计算机显示屏到输出电影胶片、原始素材胶片到输出电影胶片的图象复现效果。至于原始景物到电影负片、负片到正片以及正片到放映屏幕的图象复现主要由胶片的感光特性和冲印工艺决定。图象复现的效果要用是否具有相同的视觉感受来加以衡量。视觉感受是一种主观的心理作用,受到多方面因素的影响和制约。这些因素既有可以量化为物理参数的因素,如图象亮度、对比度、色温平衡、动态范围、环境照度、环境照明色温等^[3];也有观察者的视觉特性、欣赏习惯、心理状态等非量化因素^[4,5]。

在数字电影的制作过程中,对各个环节图象复现视觉效果的控制不是彼此独立的。尽管许多设备配备了自我校正功能,但由于在全工艺流程内没有统一的视觉效果控制和保证措施,从而使得各个环节的调整自行其是,因而无法有效地发现和排除影响视觉效果问题。目前解决这种盲目性的方法就是建立一套独立于设备的、覆盖全数字电影制作流程的图象复现视觉效果控制体系,然后借助这种系统就可以为全工艺流程建立统一的质量评定标准和依据,这样就将设备的调整和校准,从孤立的行为变成与制作流程并行的检测和控制流程。这样的系统在印刷出版业内已经有较成功的应用,通常被称为色彩管理系统^[6]。

2 色彩管理系统

色彩管理系统的中心思想是根据不同色彩空间的特征和相互转化关系,对使用不同色彩空间的图象复现设备建立统一的特性文件,并依此对图象设备进行统一管理,如在桌面印刷的流程中涉及到大量的图象设备,例如扫描仪、数码相机、胶片记录仪、CRT显示器、打印机、打样机、数字印刷机等,虽然上述设备分散在工艺流程的各个环节,但要求对同一个图象能具有再现效果的一致性。由于不同品牌型号的设备其恢复色彩特征的能力都有差别,因此它们输出的颜色是不同的。特性文件用于记录某一仪器在受控操作环境下所表现的色彩范围,当完成调节后,特性文件就确认某一输入仪器能怎样捕捉或产生色彩,以及表现色彩范围的能力,并将其记录

在计算机软件中, 因此该档案又称为仪器特性文件, 而且该特性文件可同时建立起已调节仪器与标准色彩模型之间的关系, 此关系称为非仪器主导参考色域. 该非仪器主导参考色域使色彩可以跨越不同种类的色彩输入/输出设备.

色彩管理系统主要依靠各种计量仪器为系统的调校和标定提供依据. 这些计量仪器包括色彩量度计、CRT 显示器色彩校准装置、分光光度计、透/反射密度计等. 这些设备的功能是探测模拟的色彩参数, 并将其转化为相应色彩空间的坐标. 测量这些色彩参数时, 通常需要配合专用的色彩标定程序, 由标定程序提供一系列标准特征色靶(类似于传统的标准比色板), 然后先将这些标准色靶呈现在 CRT 显示屏或其它复现设备的输出上, 再用测量装置读取实际的图象特征, 并与标准反复比对, 即可实现调校显示器的目的. 这是一般调校, 而较高级的调校装置还包括环境光线的检测和利用综合显示器内外因素以实现最终效果的保证.

3 数字电影视觉效果管理系统

对数字电影制作过程中的质量监控, 参考电子出版和印刷行业的成功经验, 有必要在数字电影制作领域也采取类似的方法, 即建立独立于设备的数字电影视觉效果管理系统(图 3).

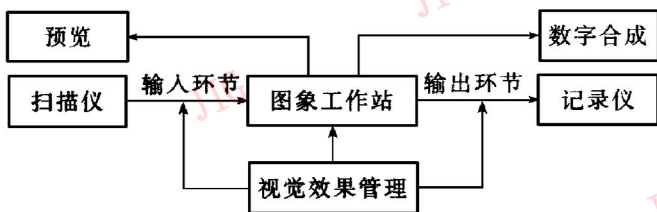


图3 数字电影视觉效果管理系统

具体的方法为: 首先测量数字电影制作流程各环节图象处理和显示设备视觉效果表现的参数和调整范围, 然后将这些参数和调整范围表示成统一的特征文件, 再用计算机软件根据各设备的特性参数对各设备的工作状态进行自动匹配实现, 进而完成全工艺流程对电影图象复现视觉效果影响的合理规划.

3.1 评价视觉效果的特征参数

在对电影胶片图象复现视觉效果进行评价时, 可选择亮度、动态范围和色差作为衡量电影胶片图象复现视觉效果一致性的特征参数. 其中亮度参数虽然应选用中性灰度标靶在正确曝光和冲印条件下获得的正片, 并在 5 000K 弧光灯标准照明下的投

影亮度作为标准, 但由于此光源在实验条件下无法获得, 且对入射光强度不能做准确标定, 所以本文采用标准密度测量来代替投影亮度测量. 因为它只要素材胶片在指定图象区域内的介质密度等同于胶片记录仪输出图象上所对应的图象区域内的介质密度, 即, 在同等放映条件下, 其亮度是一致的. 由此可见, 采用密度替代投影亮度作为亮度评定标准可简化测量装置的光源设计, 因为它只要带有稳压装置或具有补偿电路的普通照明即可.

本文动态范围的标定采用的是经过标准曝光条件曝光, 并依照标准冲印要求制作的灰度梯度标靶透射片, 而且设备校准用的透射标靶是由 KODAK 公司提供. 该标准透射片提供了覆盖胶片额定动态范围的灰度梯度图象, 其动态范围即为该灰度梯度图象投影所获得的最大透射亮度和最小透射亮度之比. 由于测量动态范围并不涉及绝对的投影照明亮度, 所以只要在保持恒定的光源下测量即可. 因而本文实验是选用测量密度的方法来测量胶片的动态范围.

在进行颜色复现的一致性标准评价时, 选用了 KODAK 的标准分色片中的 RGB 通道梯度图象; 测量色差则采用了彩色 CCD 摄像机配合 24bit 图象采集卡, 这样可以保证捕捉到数字电影后期制作中全部可用的颜色信息, 由于色差测量的关键在于光源色温精度和 CCD 曝光量的控制, 因此投影光源应该选择具有色温校正滤波片和标准谱线分布的灯泡光源, 此类光源一般选用定制的石英卤素灯泡, 但需使其谱线强度分布尽量模拟日光谱线强度曲线, 若再配合一个升色温滤色镜就可以获得近似 5 000K 电影放映的光源(实际色温可达 4 800K 以上). 这种光源出光是经过光纤引入到胶片观片器, 但由于这类特制光源价格较贵(千元以上), 因而实验选用了未加色温校正的短寿命高压卤素灯作为替代光源, 虽然该光源也可以提供足够的亮度, 但色温只能达到 3 300K, 且频谱不丰富, 因此使用这种光源事先必须对色温进行修正, 修正的方法首先是用 CCD 拍摄经过中性衰减的光源图象, 然后测量其图象文件的原色分色图片 RGB 坐标值与理论白点坐标 (RGB 分量为 255, 255, 255) 的差值, 并以此坐标参数作为修正依据, 将所有以此光源来照明获取的标定图象的 RGB 坐标值与之做相加运算.

若彩色 CCD 摄像机拍摄的标准分色片梯度图象被以数字文件的形式存储后, 再用软件测量图象

文件中各原色的 RGB 坐标,即可以获得数字电影制作的原色基准.但需要指出的是:尽管许多专业扫描仪都声称其能够自动将透射胶片的原色分色密度图象转换为 RGB 格式的对应密度图象,即能自动将电影胶片的白点(透射正片的基底颜色)与 RGB 数字化图象文件的白点(R、G、B 分量为 255, 255, 255)进行匹配,但由于仍不能认为电影胶片的原色就等同于数字格式文件的 RGB 分量的原色,因此应以电影胶片标准分色片的测量结果作为颜色复现的一致性基准,而不能以 RGB 格式的数字图象的各原色分量(R: 255, 0, 0; G: 0, 255, 0; B: 0, 0, 255)作为基准.

3.2 图象复现设备的影响参数

虽然前面已确定了衡量视觉效果一致性的特征参数为亮度、动态范围和色差,但不同设备对视觉效果的调整参数却不全相同,如胶片扫描仪的调整参数主要是亮度、对比度和色差,而显示器的调整参数则为亮度、对比度和色温,输出设备典型的调整参数又与扫描仪相一致.这些参数虽然并不直接与图象复现的特征参数相对应,但其调整组合会对特征参数的一个或几个发生作用.

3.3 影响曲线

只要建立起各设备的调整参数对图象复现特征参数的影响曲线就可以将各设备的视觉效果传递函数予以量化.对电影胶片扫描仪来说,若采用标准输入标靶作为原始素材图象,那么就可可在正负工作区间内通过分别调整扫描仪的亮度、对比度和色差等参数来进行扫描,并将用不同参数调整的相应结果图象转为数字图象文件保存,然后再通过对这些数字化图象文件的亮度、动态范围和色差进行测量,从而得到扫描仪相应调整参数的响应曲线,这些曲线的组合便构成了扫描仪的图象复现视觉效果传递函数.同样,对计算机监视器调整参数影响曲线的测量也采用了类似的方法,即先将一幅标准条件下扫描得到的标靶图象作为原始素材图象显示在待测计算机监视器屏幕上,并将视觉环境调整至与日常工作环境相一致,再用取消了自动曝光补偿和白点色温自动平衡的 CCD 摄像机配合 24bit 图象采集卡,对监视器屏幕上显示的图象进行拍摄存储,然后在正负工作区间内分别调整监视器的亮度、对比度和色温,并将在调整后获得的一系列对应的监视器显示图象作为上述调整的响应结果,转换成数字图象文件保存;再通过对这些数字化图象文件的亮度、动态

范围和色差进行测量,从而得到监视器相应调整参数的响应曲线.这些曲线的组合便构成了监视器图象复现视觉效果传递函数的.

3.4 电影视觉效果管理软件

使用根据各个设备的调整参数及其视觉效果传递函数而设计的视觉效果管理软件,即可通过输入素材的视觉效果特征和输出效果特征来获得数字电影制作流程中各环节的最佳调整参数和工作区间,从而达到对图象复现视觉效果质量的主动干预和控制.

本文依照上述步骤开发了一套视觉效果管理软件,该软件主要功能包括“胶片颜色光谱分析比对”、“数字图象视觉效果特征评价”、“图象复现设备调整参数影响曲线输入”和“工艺流程图象复现特征控制”等 4 部分.

3.4.1 胶片颜色光谱分析比对

“胶片颜色光谱分析比对”的功能就是配合使用彩色 CCD 光谱仪来对原始素材胶片和最终输出胶片的颜色、密度等综合视觉效果特征进行绝对值的测量和比对,通过这种比对,来确定系统总的视觉效果传递函数.若将 CCD 光谱仪获取的胶片透射光谱图象数字化文件载入软件的测量窗口,则软件就会根据光谱图象计算并绘制相对光谱强度曲线,并将曲线坐标存入数据库.若载入一条已有的光谱曲线,就可以对其进行逐点的坐标拾取和分析比对.

3.4.2 视觉效果特征评价

“数字图象视觉效果特征评价”的功能就是使用彩色 CCD 颜色测量装置或利用直接输入的扫描结果图象文件,来对数字化图象文件的特征参数进行测量和比对.通过这种比对,以确定系统中各独立设备的视觉效果传递函数.当将扫描仪输出的图象文件,或彩色 CCD 拍摄的原始素材投影图象,或计算机监视器的复现图象的数字化图象文件打开,并显示在软件的测量窗口后,就可用鼠标点击指定的图象比对区域(例如具有特定密度标称值的灰度色标区域或原色通道梯度图象上某一指定的色标)来进行测量,软件则会给出该点的 RGB 色彩空间和 XYZ 色彩空间坐标,以及亮度或密度信息,当选择好代表视觉效果特征极值的一对特征点后,就可以计算对比度和动态范围.当将上述信息自动保存到特征文件中后,就可以用于绘制相应设备的视觉效果特征影响曲线.

3.4.3 参数影响曲线输入

“调整参数影响曲线输入”的功能则是用于将扫

描仪、计算机监视器等各种图象复现设备的视觉效果特征影响曲线,以坐标序列的形式输入数据库,用以建立每个设备的特征查找表,但由于各图象复现设备的影响曲线由多方面的影响因素决定,故很难精确地归纳为经验公式,不过根据这些查找表可以确定不同工作点的影响因素,从而保证了在任意工作点进行控制的可靠性. 胶片扫描仪的影响特征曲线有“亮度-动态范围曲线”和“对比度-动态范围曲线”、各 4 条,其中,一条为灰度图象影响曲线,另外 3 条分别为 RGB 原色分色图象影响曲线. 其中灰度图象影响曲线用于调整全图象的动态范围,而原色分色图象的影响曲线则用于调整色差.

3.4.4 特征控制

“工艺流程图象复现特征控制”的功能就是根据各设备的视觉效果特征影响曲线和输入的素材胶片图象特性,来合理地优化流程中各设备的调整参数,从而使素材图象在全工艺流程中都有较好的视觉表现. 另外,图象复现特征控制可以交互地完成,由于所有设备的影响参数都按照同样的表示方法保存在设备特征文件数据库中,因此使用者可以通过调整软件中模拟的设备工作参数,而获得预期的图象复现和输出效果. 当在素材胶片特征输入框内,输入某一特定的素材胶片动态范围后,就可通过扫描仪的调整参数输入框选择或调整亮度和对比度值,此时经过扫描的结果图象所预期的动态范围就会被计算出来;若再调整监视器调整参数输入框内的亮度和对比度值,则经过监视器显示的扫描图象的动态范围就会被显示出来. 与此类似,还可完成输出设备的调整. 如果各个设备的图象复现动态范围均在要求的范围内,则表明该组调整参数可行,也就是说,可依据这套参数直接调整实际应用中的设备. 此外,图象复现特征的亮度和色差的调整与动态范围调整方法一致. 所有这些调整是根据各自设备的调整参数影响曲线及其在软件内建立的特征查找表,再通过所选择的设备调整参数来找出对应的响应结果,并以此结果作为下一个环节的起始条件. 虽然设计查找表是该类软件常用的方法,但其计算结果是否有效则取决于查找表内数据的可靠性.

4 结 论

本文介绍了数字化电影制作过程中所遇到的图象视觉效果一致性的控制问题,同时借鉴桌面印刷

色彩管理系统,设计了一套用于数字电影制作工艺的视觉效果控制系统. 该系统包括图象参数测量装置和评价软件. 该系统能够对选定的亮度、动态范围、色温和色差进行贯穿全工艺过程的控制和评定,从而为保证数字化电影制作的质量提供了理想的工具,实验证明,该系统能对跨媒体图象复现进行客观评价起到积极的指导作用,从而大大降低了系统调试的盲目性.

参 考 文 献

- 1 Ohanian T A, Phillips M E. Digital Filmmaking. Boston, Focal Press, 1996: 24~ 129.
- 2 David Throup. Film in the Digital Age. England Berkshire: Quantel Ltd, 1996.
- 3 Herzog P G. Analytical color gamut representations. Journal of Imaging Science and Technology, 1996, 40(6): 516~ 521.
- 4 Braun K M *et al.* Viewing techniques for crossmedia image comparisons. Color Research and Application, 1996, 21(1): 6~ 17.
- 5 Alain Tremeau. Measurement and display of color image differences based on visual attention. Journal of Imaging Science and Technology, 1996, 40(6): 522~ 534.
- 6 ColorSynic 色彩管理系统. 多媒体世界, 1998, (12): 57~ 58.



何树荣 1945 年生, 1970 年毕业于清华大学精密仪器系, 留校任教至今, 副教授, SPIE 会员, 1988~ 1990 年作为访问学者在 MIT 电器工程及计算机科学系从事研究工作. 主要研究方向为光电技术及仪器、精密计量.



肖宗扬 1973 年生, 1997 年毕业于清华大学精密仪器系, 2000 年 1 月获光学工程硕士学位.



何 壮 1977 年生, 2000 年毕业于北京信息工程学院计算机科学与工程系.