

数字中间片

DISCREET 的观点是数字中间片为电影制作者提供了强有力的全新创作机遇，尤其在调色领域中，具有很好的前景。

简介

本文主要考虑电影的数字化后期制作，尤其是数字中间片，重点在调色和色彩校正过程中。本文试图解释近些年数字化技术的发展如何影响到电影制作过程，这是一个很有创造性的步骤，为艺术家和电影制作者们进行视觉艺术创作提供新的选择。

介绍

从采集到发行，越来越多的电影生产和后期制作过程采用数字化方式完成。这个数字化处理过程和相关产品称为数字中间片。

数字中间片定义

数字中间片的名词相对较新，在不同的电影工作者中也以些微不同的方式使用。近来电影与视频杂志上的一篇文章提到，商业发展Cinesite的副总裁Randy Starr认为数字中间片是一个“胶片数字化色彩校正和输出的方案¹”。这个定义实际上涉及到两个过程，数字化图像像素的色彩数值的数字化转换（色彩校正）和把结果（图像序列）记录回胶片。该定义也接近本文通篇所使用的定义（见数字电影词汇表）。

应该指出事实上 Starr 提到的过程都不是最新的。它们已经为电影的视觉效果创作使用了十年以上的时间。新的突破在于，这些过程将应用在电影全片的制作，而不是只选择个别场景或镜头，使得数字电影的任务超越了视觉效果的领域，扩展到整个电影艺术世界。

数字中间片与数字母版

某种程度上可以和数字中间片替换使用的另一个名词是数字母版。这是因为两个名词都涉及到相同的媒体资源——具有代表性的是存在于大容量存储设备上的数字电影图像。然而这两个名词又是不同的，因为它们对这一媒体资源描述的方向有些不同。名词数字母版是把媒体资源描绘成得到未来拷贝（或版本）的标准来源（或母版）。（包括不同分辨率版本和不同格式，例如胶片拷贝，高清电视，电视的模拟/数字视频，VHS 或 DVD）。

数字中间片指的是媒体资源的过渡性（中间片）——资源初始（采集）和最终（发布）形式之间的状态。其次设定中间性有明确的目的，包含了调色、视觉效果创作和制作数字母版等综合过程。因此很容易看出数字中间片可以作为制作其他发行版本使用的数字母版，并且数字母版确实可以把相同的媒体资源归为数字中间片。

¹ 数字化声明 引自 Carolyn Giardina, Film and Video Magazine 2003

数字电影 词汇表

CGI—Computer Generated Imagery 电脑生成的图像。电脑上生成的数字图像，目的是投影到影院的屏幕上，要么集成在生胶片上（作为视觉效果）或者作为完全由电脑生成的动画片，例如“玩具总动员 1 和 2”，“怪物史瑞克”。

数字胶片—数字格式高分辨率胶片图像的通用术语。以往数字胶片指 CGI 或指选定的为视觉效果工作扫描（数字化的）的胶片镜头。如今通常它更意味着“胶片的数字等价物”。

数字中间片—专有名词，指整部电影的数字化作为中间（后期）制作过程，主要是为了数字调色，数字母版制作或特效工作，而且通常要把处理结果记录回胶片。

数字影院—在发布和放映电影时使用数字方案（针对电影胶片，光学或化学摄影技术），广义上指为了数字电影放映的摄制，拍摄（采集）和后期制作。

数字中间片调色

如果没有某种数字中间片，数字化调色当然是不可能的。但是为什么它们俩经常不可避免的联系在一起呢？答案在于电影制作者们创建数字中间片的原因。几乎没有人只是因为能这么做而去做。主要的原因是大多数电影制作者考虑整部电影的数字化，是为了在电影最后放映的效果上有更多的创作控制，这是一个相对昂贵的处理过程。当然还有其它的原因，但这是到目前为止最常见的理由——尤其当要证明电影的数字化并不是要设计成怪诞的视觉效果时。对电影摄影师和电影制作者们来说，近来数字技术发展中的基于软件的非线性调色是一种新创造性功能，更加令人激动。

数字调色与 胶片摄影

数字调色的创造性前景使得主要的电影摄影师们激动不已。正如Newton Thomas Sigel, ASC最近对美国的电影摄影师们所说的：“数字中间片对图像具有更多控制，这是一个巨大良机。当对你的胶片进行色彩校正时，你们正在继续胶片拍摄的过程。而且你可以感受到同你进行最初的拍摄时几乎同样巨大的直接冲击²。”

数字调色-视觉冲击

数字调色系统允许摄影导演与调色师（或数字色彩配光员）一起以之前难以想象的方式协同工作。他们可以更好的整体上在电脑屏幕或投影显现胶片内容，并且交互的与调色师以细微和复杂的方式调整亮度和色彩，达到令人难以置信的细节程度。这样可以很有效增强电影的视觉冲击，在以下具有开创性的影片中已得到证明：“Pleasantville”，“兄弟啊你在哪里（O Brother, Where Art Thou）”和最近的“指环王”第一第二部。

从洗印厂到数字制作室的转变

² 引自 Debra Kaufman, American Cinematographer, April 2003。

胶片颜色配光已经远远超越了受胶片物理特性限制的化学和光学处理范围，扩大到可以无限度处理图像的新数字工作流程。光学化学处理对于冲印底片（包括那些数字中间片的记录）的标定，质量控制和生成发行版本来说仍然是不可缺少的。然而，创作色彩和光照的决定很快从胶片洗印厂转移到数字调色间。

电影最后的剪辑和调整一致性也在经历数字化转变。这个过程近一个世纪以来几乎保持不变，是把一段段胶片连接起来的严格手动过程。然而，新的数字中间片处理本质上是完全非线性的，而且现代系统不再受“脱机分辨率”的限制，可以编辑 2K 和 4K 扫描，提供了数字化完成（制作数字母版底片）的引人注目的选择。

由于编辑，色彩和光照可以在制作过程（直到最后洗印）中的任何时间决定和修改，这些趋势为电影制作者们提供了巨大的创作优势。不但如此，制作电影的过程如今可以高度‘并行化’，用多台工作站在不同的方面同时处理相同的场景。

用传统的方法，大量印制最终母版之前，长片创作包括电影处理和光学调色的几个中间阶段³。数字中间片消除了很多对这一‘中间阶段’洗印厂处理的需要。数字化方法还有助于绕过中间正片/中间负片阶段，为洗印发行拷贝生成一个完全调色和一致化的底片。而且一个数字母版可以生成一个不限数量的高质量原底，因为大量印制能明显提高发行版本的全面质量：某种意义上说每个样片都可以成为一个拷贝。

结果，数字中间片的使用越来越多，在美国今年（2003）有望翻倍超过50部片子都使用数字中间片。甚至洗印厂自身也没闲着，从法国的Éclair洗印厂到美国的Deluxe&Technicolor洗印厂，全世界的电影洗印厂都在用新数字中间片扩展和增进他们的传统光化学处理。

数字宣传片

数字化方法可以快速生根的一个迹象能在电影宣传片的数字制作中得到。不到三年前，宣传片主要靠光化学方法制作，只有不到 20%是用数字化制作，而去年已经 80%。现今几家主要的制片厂坚持用数字化方法制作他们所有的电影宣传片。是什么驱使了这一转变？是更快的项目周期和数字系统更多的创造性潜力。过去的几年里，经受住考验的数字电影系统的成绩和其创作工具集可以使制片厂采用更多的视觉效果来生产宣传片，而用时比光化学手段节省一半以上，还不会影响图像质量。

广告片后期制作中的数字胶片

世界上能够以 2K 或更高分辨率扫描胶片的后期制作工具的数量不断增加。高分辨率胶片扫描的趋势可以预计持续下去，因为高端工具能更好满足那些顶级客户的需求。数字电影工作流程有助于吸引注重质量的上层客户——那些拥有最多制作预算的人。大多数的产品，无论是商业化的 MTV 或电视节目，都尽可能以高质量方式拍摄——如今通常意味在胶片上拍摄，保证最终母版的品质。在过去，技术限制和高额费用影响了胶片在广播/广告后期制作过程中的品质保持。因此使用胶转磁机扫描胶片，把画面转换到视频。今天的数字技术消除了很多限制。

能够获得更优质的产品，这对大多数制作者们来说都是很有吸引力的。数字母版能更好的保护他们的产品，任何格式的产品资源，包括为影院放映的版本，都可以从数字母版得到而不会有任何质量损失。例如，几乎在任何电影院里，放映一个从 2K 洗印胶片得到的轿车广告，其瞬间视觉冲击效果，跟放映上变换标清视频的效果是无法相比的。

³ 印制毛片或小样，标准校正拷贝，中间正片和中间负片，洗印光学效果和颜色配光及更多。

今天很多高端后期制作公司增强了对 2K 数据（或更高分辨率）工作流程的信心，这也将使获得竞争的优势。事实上，很多公司采用 2K 数据工作流程后都声称收入更多了亏损更小了，得到了更大的发展。这些都表明高收入增长往往在那些具有高分辨率数字胶片制作能力，专业化市场上与众不同的公司之中。

高分辨率广告片

“在广告世界里首先是电影引起人们的注意...实际上在影院的电影屏幕上检查审视你的作品是跟在电视上看完全不同的体验—更有震撼力。”

Nansi Thomas – Toybox, 加拿大 多伦多

数字电影修复

高清电视和数字中间片技术的出现，结合消费者对 DVD 和数字电视节目的需求，使对节目内容的需求也提高了，所以复兴修复老电影也引起了人们的注意。因为修复技术越来越成熟而且数字中间片工作流程也更容易获得，过去短短几年里这个市场在快速增长，并会继续保持快速扩张。

数字电影—一个在转变的产业

新产品需求

电影制作者和导演们的需求在于成功的把他们的计划推向市场，这正变得越来越复杂。仅在几年前，电影制片负责人是为了创造能在影院票房好的电影—还可能提供好的销售计划。其他发行方法的需求，例如电视节目和家用录像，极少需要在电影制作过程中考虑，因为它们几乎总是直接从胶转磁扫描原底获得。新的内容在电影发行后很少增加；尽管电视版本有时剪除一些对通过广播观看的观众来说不适合的内容。然而 DVD 的流行很显著改变了对现代电影制作的需求。

早先DVD产品跟家用录像产品没什么不同，但是制作者和摄制者很快认识到这个新的媒体提供了意义重大的崭新创作和创收良机。如今DVD版本的影片可以增加非常多的内容，这些额外内容跟初始内容明显不同。DVD素材能够而且经常对重新调色，重新编辑的胶片，如导演剪接的和扩大的版本，删除的场景，未遮幅的胶片⁴，构成纪录片，采访，游戏及更多内容起到重要的作用。制片人认识到如果能规划好DVD内容，他们不止可以卖出更多的DVD，还能有机会卖给同一客户同一影片的几个不同DVD版本。

为了避免额外的制作成本，并保证引人注目的制作内容，现在制片人不得不在他们的制作计划中严格整合 DVD 需求。这么做经常会增加使用数字中间片进行制作的吸引力，因为它能提供高灵活性的母版，新版本和编辑几乎可以立即由之创建。

另外一个复杂情况在于近年发展起来的不同播放格式。如今一部电影可能不仅需要 PAL 和 NTSC 播放格式，还需要 HDTV。结果播放格式比产品能在广泛丰富的内容和格式的范围发行更重要—只有这样制作者才能通过多样化发行的机会获取最大可能的收入。

成功的 DVD 产品

彼得杰可逊和新线电影的指环王第一部就是一个成功的 DVD 版本。DVD 的内容预先经过细致规划，记录了电影制作的全部内容。包括制作文档的每个细节，摄制额外胶片扩充版本，带有全部的后制作和视觉效果工作。

最终的结果是该DVD不仅成为新线电影的畅销作品，卖出了 1130 万张并成为 2002 年度DVD销量之冠⁵，而且还是一个非常成功的特别扩充版本。据新线电影院声称，在该DVD发行的三个月之内，300 万张特别扩充版本已销往世界各国，成为当时最成功的特别版本。

新电视格式

高清晰度视频和 DVD 之类的格式出现，深刻影响了媒体制作技术和工作流程。而且随着 DVD 的引入，一个巨大的行业内转换已经出现。以前，电视和录像版本可以在之后的时间考虑。

因为需要以多种格式制作和发行，出现了很多跟帧率和宽高比相关的问题。这些问题在高质

⁴ 35 毫米胶片曝光一个 4: 3 的区域，接着遮幅该区域供给宽荧幕投影。通常截割这个已经减少的宽荧幕图像，生成一个新的 4: 3(pan & scan)图像来制作电视版本。如今有些导演更喜欢去掉初始截割的遮幅，得到初始的 4: 3 曝光转换视频—这样能在电视版本上显示图像更多的部分，生成一个不会丢失任何初始场景信息的 4: 3(电视观众更熟悉的)图像。

⁵ 数据来源：新线家庭娱乐新闻，2003 年 1 月 23 日

量 HD 或 2K 域中处理会更容易，对动作片广告片和电视制片人来说以这些格式制作母版正成为一种颇具吸引力的选择。支持 2K 的能力正在增长，全面服务机构例如多伦多的 Toybox 公司，能以与完成 HD 相同的时间和价格范围提供 2K 数据处理。

数字中间片与电视

HBO 已经作为主要力量出现在高质量节目的创作中，并且为“兄弟会”(Band of Brothers)，“战争之路”(Path to War)和“阴谋”(Conspiracy)这些高品质的片子使用了数字色彩配光/控制。正如引用自近期编辑协会杂志上的文章解释，HBO 得到颇具说服力的理由采用 2K 数字中间片作为完成格式的选择：

“在某些情况下，数字中间片甚至不用发行电影都有意义。Cynthia Kanner，HBO 后期制作的电影副总裁，指出当前没有方法断定录像带可能的寿命范围。电影仍然是能够长期保存的最可靠的方式，所以即使一个节目是数字剪辑的，HBO 也仍然会为了存档剪辑底片。HBO 电影三年前开始使用数字中间片。。。产品副总裁 Jay Roewe 期望他们将来的节目有百分之 30 到 40 使用某些形式的数字中间片，主要出于创作原因⁶。”

电影后期制作工作流程

胶卷拍摄之后并从摄像机取出之后要经过很多传播，进行很多转换最终在影院放映（见图）。

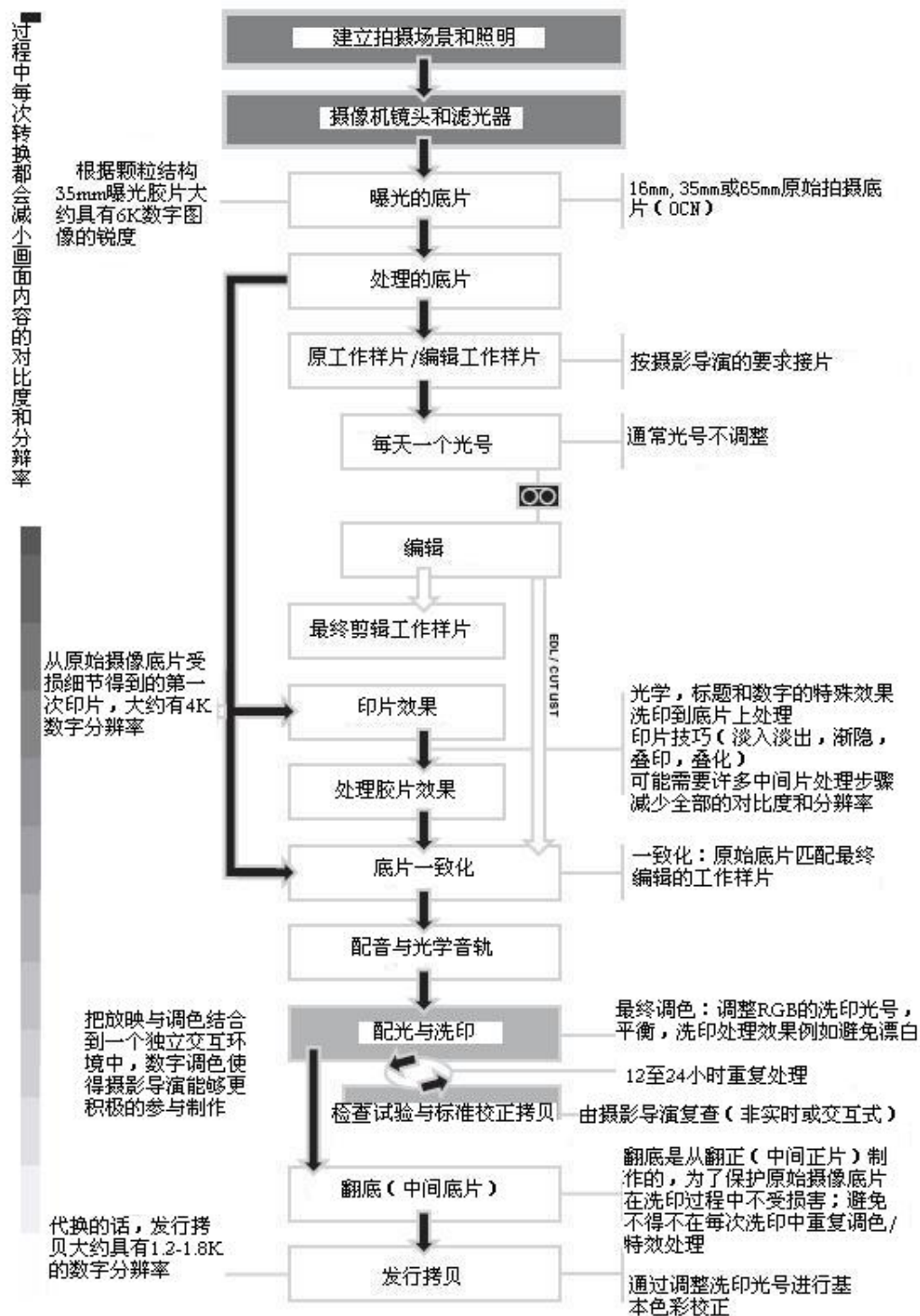
为了生成最终的产品，完整的电影后期制作工作流程需要一系列复杂的中间步骤。虽然根据每项制作的需求实际步骤会不同，全部过程都有以下几个局限：

- 胶片很敏感并容易受损。每个处理步骤都会增加微小的损伤（灰尘和擦伤），也会增加较大损坏或毁灭的风险。
- 通过光学手段或接触印片把图像从一个胶片转到另一个的处理会导致图像品质降低。图像信息比如精美细节和细微色彩或对比度会经常丢失。
- 胶片处理本来是线性的非交互的。胶片的变化在能看到之前需要经过化学处理（通常 24 小时之后）。
- 艺术家的创造力受到胶片媒介的物理局限，影响实际制作的类型和修改范围。

结果数字化技术已经取代了很多后期制作中的胶片处理技术。电脑和数字图像技术的快速发展与成本的降低推动了这一更替。电影后期制作工作流程的关键方面，例如编辑，视觉效果和开始标题已经不可逆转的移到数字化领域，其他方面如调色也开始紧随其后。

⁶ 电影的数字中间片，Rainer Standke，编辑协会杂志，第 3 卷 23 期

典型的电影工作流程示例（简化）



注意：数字图像分辨率（6K, 4K, 1.2K）是广义概念，实际结果变化很大，胶片的解像力依赖于包括光强，曝光时间及对比度等几个因素。

数字化改造胶片

胶片可以经过设计改造，以满足数字电影后期制作，特别是在视觉效果摄影中的需要，柯达专业 SFX 200T 彩色底片之类的胶片就是一个有趣的例子。

SFX 200T 的最细颗粒能通过特殊洗印抑制剂减少色彩混叠现象和青色染料挥发，提高解析力，减少红感光乳剂层的边际效果。这就可以在红色层制作比在绿色或蓝色层中锐度更大的图像。

扫入电脑时，SFX 200T 能使前景细节更有效率的从一个绿屏或蓝屏背景中分离出来。这样合成操作员在数字合成与视觉效果系统中键控细节就更容易了。

胶片的一个独特性质在于能够持续发展而且具有高度相容性。现代胶片的发展跟二十世纪初期相比几乎没有相同之处，但是现代胶片仍然可以在老式手摄影机上使用（尽管会轻微扭曲）。

一百多年来，胶片技术革新的快速步伐驱动胶片本身质量和容量上的持续进步⁷——从今天的高精确运动控制设备到极其敏感，精细颗粒的银感光乳剂，都用来创造最新的电影胶片。

然而到八十年代后期，数字技术已经达到了可以使图像从物理胶片媒介有效分离并数字化处理的程度。这就从根本上改变了电影后期制作发展的方式。胶片图像第一次能以不同方式创造性的改变，而这在以前是不可能的。结果数字化视觉效果普遍有了快速增长。

由于数字化技术的发展和电脑越来越快越便宜，数字电影效果的总量显著增加。到九十年代末，电影摄制者们开始数字化处理整部电影，很显然数字电影已经是电影摄制创作中的必然部分。

认识到数字化后期制作的必然性，电影厂商已经最优化了他们的产品，为使用数字图像的电影制作者们更好的服务。很多新胶片（例如 Kodak's SFX 200T, Vision2 500T, FujiFilm's Reala 500D）之后的研究，不仅出于获取更高质量图像的要求，也是为了把胶片转换到数字世界。

数字技术能给电影制作者们带来更多的创作自由，柯达公司是最早认识到这一点的公司之一。在发展了高分辨率数字胶片扫描仪和记录仪后，柯达继续为 DPX⁸ 文件标准奠定基础，标准化了很多当今数字胶片扫描中仍在使用的参数。

过去的几年里，随着存储能力电脑运行能力的快速提高和价格的不断降低，大量数字化数据的处理不仅切实可行而且成本有效率。在给定预算和进度表中可以数字化处理的画幅数显著增加。

新的扫描技术也明显加大了胶片图像可以转换到相应数字图像的比率。因此电影制作者们从只能扫描复杂视觉效果工作的选定镜头，转为可以扫描整部影片，宣告了数字中间片时代的到来。

到 1998 年，Gary Ross 的 Pleasantville⁹（新线电影公司出品）等影片可以展现视觉创作力的崭

⁷ 由于声音技术和非线性编辑的发展单一，本文忽略了这些内容。本文主要关注将作为最终电影产品一部分的数字中间片的使用。

⁸ DXP 定义在 SMPTE 268M 标准中，缘自柯达的 Cineon 光栅文件格式，文件头稍微修改过。

⁹ Pleasantville，包括 113 分钟或 163000 个调色过的画幅，是用柯达 Cineon 软件系统上的 Cinesite 调色，调色

新水平。当电影产业开始认识到数字中间片提供的创新可能性时，数字制作大门打开了。

经济因素

随着近来世界经济衰退，处理成功的制作/后期制作成为了挑战日益增加的任务。因此制作人们积极探索更有效率和成本有效的制作技术和技巧，也促进了对数字技术的兴趣（与需求）。数字技术的倡导者们经常提出，数字技术不仅有助降低制作成本而且给予了艺术家们新的创作工具。

越来越多的电影作品采用数字格式。更便宜更快速的扫描技术的引入推动了这一趋势，反过来该趋势有效降低了创建数字中间片的成本¹⁰。如今某些数字化服务的费用比一年前减少了很多。

例如在一些主要的制作中心，尽管很容易变动，扫描成本取决于需要扫描的数量和购买的辅助设备，已经从 2001 年的平均每帧 1.5 美元降到了当今的每帧 0.75 美元。然而在色彩校正和数字调色中涌现了新的收益良机。

无论是作为使电影多样化的方式还是让客户由‘拍摄影片’转为‘记录电影’的方式，很多主要的制作公司，洗印厂和后期制作室都把数字电影看作未来发展的一个充满机会的领域。

以 2K 分辨率记录电视广告片或节目能给用户带来获取最终版本的最佳质量母版。这样能够保证过程中的产品质量保持最高水准，所以当转换到视频时必须的质量妥协可以在制作周期最后考虑，而不必一开始就妥协。结果越来越多成熟的后公司开始购买 2K 胶转磁机。

采用率

采用数字中间片过程的电影制作数量以惊人的比率增长。在 2000 年，美国只有不到 2% 的制作是用数字调色，而如今有四分之一以上的制作使用数字系统调色¹¹。

传统的基于胶片的调色和一致性工作流程仍然运转良好，还能制作出高质量结果，所以可以预计很多电影继续像以前一样制作。世界范围内制作数字中间片的比率比在美国要明显低很多，法国等国家是例外，这些国家数字中间片的使用在快速增长。2002 年法国有 200 部左右的影片，大约有 30% 用数字中间片调色¹²。

这些影片大多数以 2K 分辨率扫描，使用非常专业的软件解决方案进行调色，这些方案是为满足电影特殊需要而专门设计的。它们能提供不受硬件限制的优势，因此很容易自定义使用。主要的数字中间片实验室，例如好莱坞的 EFILM 数字实验室，使用这样的技术。

师 John Lindley。

¹⁰ 由于更多的制作采用数字工作流程，制作量的越来越大，系统等级提升，进一步减少了一个项目内每帧的成本。

¹¹ 数据源自 Discreet 的消费者调查和市场研究。

¹² 数据源自 Discreet 的消费者调查和市场研究。

2K 后期制作中的 多样化

“我们在去年已经取得额外收益，而且我们积极看待基于服务器的中央解决方案，用它来中间存储我们的工作。我们也注意到了对数据更多的要求。另外，过去的一年中我们有一半的节目使用 HD，增加我们对胶转磁机和磁带卡座的需求。从商业角度看，认真评估一个共享存储和数字色彩校正系统很有意义。”

Rory Lubold, The Post Group, Hollywood, California

“色彩校正如今的比率仍然很稳定...而且我们已经打开了新的收入部分—用 2K 制作片尾和外语版本...我们开始扫描完整正片。”

Simon Precious, The Moving Picture Company, London, UK

创作控制的要求

创作过程从传统工作流程协调的转到数字化流程。为了让数字中间片处理被广泛接受，必须提供创造力，质量和经济上的众多优势。

随着数字调色技术的出现，电影制作者们现在拥有了空前的控制权和众多新工具供他们任意使用。例如“啊兄弟，你在哪里？”(O Brother, Where Art Thou?), “Le Fabuleux Destin d’Amelie Poulain” 和“指环王”等影片已经是跨时代的前驱，可以在剪辑和特效处理时精确控制（精确到像素）以确定影片最后的显示效果。

数字中间片具有为图像初次和二次校正使用多个图层而不损失质量的能力。依靠这一点，摄影导演和调色师像画家一样处理图像，巧妙的完全的调整亮度和色彩元素，直到符合他们的创造性视觉效果达到要求。

由于可以提供初次二次校正图像的多层次处理而且不损失质量的能力，数字中间片能使摄影导演和调色师们像画家一样处理图像，可以精细的完全的调整光色元素直到满足他们的视觉创作。

工具的有效性促进了以往在视觉效果领域受到限制的艺术创造力。例如自动化跟踪工具可以适用于运动目标极其特殊的颜色改变；插件滤波器可以使用留银技术，通过 Tiffen 镜头滤波器模拟任何物体，可视化处理现实世界无法创建的物体。

**数字中间片
使摄影导演和调色师
能像画家一样处理图像，巧妙
的完全的调整亮度和色彩元
素，直到符合他们的创造性视
觉效果达到要求。**

数字中间片的成本已经不再那么昂贵，而且计算机可以更快速更方便的处理和显示高分辨率图像。既然科技发展已经达到了这样的程度，对这些新创作工具的需求更加无法拒绝，所以数字中间片的采用持续快速增长。

标清电视信号在 YUV 颜色空间的色彩校正已经使用了一段时间，但是直到最近胶片色彩校正仍然难以捉摸—胶片处理需要的大量数据存储和处理量使得采用数字非线性技术对整部影片进行调色像非常困难，如同那难以得到的‘圣杯’。

电影视觉效果系统中很多的数字电影色彩校正工具十几年前就有了，比如 Cineon 和非线。虽然处理过程可以传送极佳的质量，技术发展速度还是太慢以致无法为大量数字电影处理广泛使用，而且技术没有显著影响电影的全面创作。然而，过去的 24 个月里电脑技术的发展使得

这些技术在数字中间片过程中的发展更有效率更经济。

随着近来硬盘容量的提升和工作站的发展，例如 Intel 新的 E7505 芯片集，高带宽处理更容易承受。处理器主频速度已经超过了 3GHz 而且不断提高，还有多媒体特别扩充例指令集如 MMX 和 SSE，都意味着这些系统现在可以完成大量数据的实时复杂处理。

数字表示胶片

人们常说使用数字技术会影响电影制作的质量。然而这并不完全准确，有几个需要注意的方面。其中一个主要方面缘自多种数字技术涉及到图像采集，后期制作，发行和放映时受到的限制。另一个要考虑的是，数字技术虽然有着不同的特性，可是越来越灵

活，不仅使得创作更自由，而且也会带来更多的妥协——尤其是出于制作能力和/或经济原因而在质量上的让步。但是数字图像本身决不会受到这些限制。

数字解像力

数字图像没有胶片的物理限制¹⁴，因此能够解析比在最细颗粒胶片上更多的细节¹⁵。创建一幅数字图像可以采用任

何分辨率创建，而且需要更多细节表示场景的数字图像的分辨率（像素数目）还能继续提高。

数字胶片灵敏度

一个现实世界的场景包含的光（电磁辐射）覆盖了所有的频谱范围。然而图像捕捉系统，例如人眼或摄影机（胶片或数字的），无法检测到所有的细节。这些系统只能识别相对大的亮度差。所以我们或摄影机只能看到真实场景中的一部分¹⁶。摄影导演必须保证记录足够的细节而且是正确的细节，使得以后人眼看到摄影机上的记录时能得到想要的效果。

然而数字图像可以表现几乎所有范围的光亮度。32 比特格式能识别 43 亿不同亮度等级之间的图像。然而既然摄影机和扫描仪无法记录这些细节，更普遍的是使用 10 比特格式例如 DPX 来表示扫描的胶片。这样的话灵敏度会低很多¹⁷，但是处理起来更有效率。

数字图像分辨率

2K	2048*1556	82 像素/毫米*
3K	3072*2334	123 像素/毫米*
4K	4096*3112	164 像素/毫米*
8K	8192*6224	328 像素/毫米*

以上列出的是全片窗 35 毫米数字胶片所用的几个可能的图像分辨率。很少使用 8K 这样的分辨率，除非出于某些专业制作需要——例如数字遮光画，视觉效果感光板或为维斯塔维申宽银幕（Vista Vision）之类的格式使用。

* 胶片 MTF 的数字近似值基于 35 毫米全片窗曝光（曝光区域为 25 毫米*18.7 毫米）。500T 彩色底片不能解析大于 100 圈/毫米的细节，可以相当精确的以 2K 分辨率扫描，然而 50D 胶片能分辨 200 圈/毫米以上的细节，用 4K 或 6K 分辨率扫描可以更好的表示——注意：很多因素，包括干涉，运动模糊，光强度，曝光参数和对比差都会影响同一胶片的解像力。

数字图像密度

8 比特	2 ⁸ 级	256 亮度等级 ^A
10 比特	210 级	1024 亮度等级
12 比特	212 级	4096 亮度等级
16 比特	216 级	65536 亮度等级
32 比特	232 级	43 亿亮度等级

相等的光增量下人眼在低亮度时更敏感¹³。对资源亮度范围例如胶片密度使用对数取样，数字图像可以分配更多亮度等级表示低亮度（阴影）细节。因此常用 10 比特log取样提供更紧凑的格式，而且质量更好。

^A 每颜色成分——一个 8 比特图像表现 24 比特 RGB 颜色信息。

^B 32 比特，高动态范围（HDR）图像能比人眼或水银卤化感光剂解析更多的亮度等级。它们为电影摄制者提供新的创作选择，包括使用不同曝光参数记录场景并存储为单独图像的能力。这样在以后的时间里修改一个镜头的曝光，而且不会丢失阴影或高亮度区域的细节。这一点对视觉效果工作非常有用。

¹³ 人眼习惯把 18% 的亮度看作中间灰(黑电平与白电平的中点)——从黑到白的线性梯度中点往往看上去几乎都是白。

¹⁴ 胶片解像细节的能力受到胶片上水引卤化物乳剂的敏感度的限制，这由每个胶片的调制传递函数(MTF)定义。

¹⁵ 应该注意到数字采集和扫描系统中确实存在局限，都是由设备所使用 CCD 技术的物理限制引起。

¹⁶ 然而人眼习惯对场景找出感兴趣的区域，进行更详细的分析。

¹⁷ DPX 文件是 10 比特的，可以记录 1024 不同亮度等级。因为它能记录的亮度等级比胶片稍微少一些，所以使用特殊的(对数)取样保证图像质量。

使用数字胶片

由于当前数字采集技术的某些限制，使用胶片仍然是从一个场景捕捉最多视觉信息的最好方法。这就带来了如何把信息最好的转到数字设备上的棘手技术问题。

胶片如何根据空间分辨率和亮度差等级进行确切定义与量化，回答这个问题不是简单的任务。任务的挑战在于胶片乳剂不同的持续发展的颗粒结构和感光灵敏度，使得定义一个‘黄金般的标准’成为不断变化的目标。

当技术和/或经济限制要求更低的数据取样和/或压缩时，这个问题就更加复杂了。该问题包括为了提高生产能力而减少捕捉的数据量时，对给定的胶片曝光率决定最佳取样，使得保留足够信息表示一段胶片上的细微之处。

正如以上提及的，数字图像的解像力只受数据采集过程中所需折衷的限制，和高效经济制作考虑的影响。因为越大的图像在电脑中处理的时间也越长，这些折衷方案通常用来提高制作能力。假定我们可以创建各种任意分辨率的数字中间片，那么我们如何选择分辨率又该如何妥协？

这个问题没有唯一的答案。分辨率应该是制作需要的一个函数。基本上最大的限制因素应该是扫描装置。但是不管扫描仪应该设定在 2K 还是 4K，或者不管接着把图像转换到 3K 还是 1K，都是取决于期望的结果。现代数字电影工作流程根据用途使用多种尺寸和格式的数字图像，但是到目前为止最流行的格式是 10 比特 DPX 格式，最常用的分辨率是 2K。然而为了复杂视觉效果工作，处理过程中常常使用更大分辨率和比特深度防止图像质量退化。由于能够提供卓越的折衷方案，保存相对较小文件尺寸时能尽可能保持宽广的动态范围，2K10 比特 DPX 文件很受欢迎。跟原始底片相比较时有些数据会丢失，用 2K10 比特文件扫描大致相当于调制传递函数（MTF）在 80 线对就降到零的胶片，而且灵敏度很有限（1024 灰度集）——当今大多数胶片所含的细节等级都能远远超出它。

事实上，假设大多数胶片的 MTF 超过 200 线对时会明显降低到低于 10%，6K 扫描（每毫米能解析 246 像素）需要更精确的表示。本文接下来会介绍编辑协会杂志对这些问题提供一些有趣视点。

图像与色彩保真度

以前采用数字电影工作流程的一个主要障碍是从采集到最终放映维持图像和色彩保真度的问题。相同图像在光学放映上和数字放映上看到的效果差异可能非常大，同时标定两种效果是一项挑战。没有精确的标定，很难预计数字图像记录回胶片后会如何改变。这会增加匹配数字拷贝与洗印拷贝的困难。胶片调色时标定尤其重要，对图像改变的多少跟颜色有关系。因此需要精确的标定环境，可以确认改变的影响。

更重要的是数字调色方案必须能够仿效洗印厂里所做处理，所以如果需要在数字拷贝中可以插播洗印样片的内容。最成功的调色系统可以在对数颜色空间（胶片空间）工作并且可以精确标定每个单独的洗印厂记录过程（洗印光号标定）。

胶片的数字中间片

扫描胶片需要时间，时间就是金钱。因此电影制作者和销售商必须选择每个画幅扫描多少数据。扫描分辨率这个数字影响整个过程的经济效率。在成千上万的水平分解的像素上测量扫描。一个“K”意味着有 1024 个像素。一个全片窗“4K”扫描有 4096 个水平像素和 3112 个垂直像素。4K 是当前的标准，用来如实记录胶片的每个细节。2K 扫描费用更低也更普遍：每帧 2048*1556 个像素，产生的文件大小只是 4K 扫描的四分之一：大约每帧 13 兆 vs.52 兆。

这些分辨率如何跟胶片相比较？理论上，基于感光乳剂的颗粒结构，胶片分辨率能达到 6K 之高。然而只有第一次生成的原始摄像，并且只在理想条件下才能够达到。实际上，典型设定底片的最大分辨率大约是 4K。从一个中间底片发行版本，分辨率应该在 1800*1800 像素以下，如果灯光焦点没对准或者镜头脏了，图像放映的实际效果可能更差。

4K 和 2K 扫描可以在带有传统固定针定位的专用扫描仪中使用。这是相对较慢的过程：一帧 3 到 12 秒。用这种方式扫描一个 100 分钟片子要昼夜不停的连续扫描一周以上。因此有些制作公司使用基于高扫描技术的设备。最普遍的设备是 Spirit 胶转磁机，它是由从飞利浦购买技术的汤姆逊多媒体公司制造的。这些设备扫描更快，每秒可以处理 6 帧画格，这样扫描 100 分钟节目的时间大约可以降到更合理的 7 个小时。这种速度对人们接受数字中间片过程很有帮助。

胶转磁机以低于真 2K 的 1920*1440 分辨率扫描。要充满标准 2K 画幅，这些扫描必须插值，但要冒降低图像质量的风险。不仅如此，胶转磁机的颜色采样比传统扫描仪更粗糙。理论上这意味着胶转磁机的扫描稍微差一些，但是扫描差异是很细微的，而且数字扫描的成本优势也使其在很多情况下都很吸引人。

数字中间片最合适的扫描尺寸是多少？纯粹主义者认为 4K 是唯一的选择。但是很多人认为 2K 能提供比当今我们看到的胶片记录更多的分辨率，对影院发行版本来说已经足够好了。直到你读到本文的时候，三个新的数字中间片节目将在影院发行：“我们曾经是战士” (We Were Soldiers), Efilm 以真 2K 扫描的，还有两部在胶转磁机上转换的影片：Cinesite 制作的“雄鹿的战争” (Hart's War)，和出自 Technicolor 的数字制作公司的“惊恐之屋” (Panic Room)。

数字中间片技术进展很快，而且随着可用设备更新更快，价格也有望降低。如今汤姆逊公司在开发 Spirit Datacine 2，预计 10 月份发行。据说能以每秒 30 帧的速度在 14 比特 RGB 上真 2K 扫描，也能以 6 到 8fps 进行 4K 扫描。其他高速高分辨率的扫描仪也在索尼，Cintel，ITK 等公司的开发计划中。另外柯达公司在开发一种可以播放真 2K 图像的数字放映机——成本比当今像素范围只有 1280*1080 的数字放映机要低一半。数字中间片过程会很好的适应这些发展计划。

在视频采集开始进入影片制作的环境下，数字中间片为改进电影前景提供了机会，给予电影制作者们很多创作工具，而在电视领域中相类似的工具已经使用很多年了。同时，这个过程使我们离全数字中间片工作流程更近了一步。在这样的流程里扫描所有循环拍摄、剪辑的节目都在数字域内扫描创建。尽管我们并没有完全步入这种工作流程，由于价格降低，对任何将要发行在胶片上的节目来说，某些类型的数字中间片过程可以提供丰富的创造力。

Rainer Standke, ‘电影数字中间片’, 编辑协会杂志, Vol.23, No.3-2002 年5月/6月

版权©2002 电影编辑协会再版许可

完整文章在http://editorsguild.com/newsletter/MayJun02/digital_intermediate.html

标定

考虑扫描图像的数字系统包括不同的图形处理硬件和显示设备，从电脑监视器到 DLP 放映机。这些设备给色彩校正处理带来了很多变化，和技术限制（例如 CRT 监视器等设备不可避免的色彩偏移），为电影摄制者们提供了重大挑战。

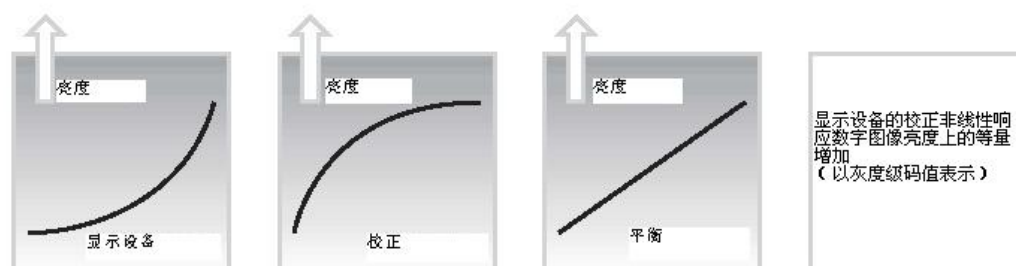
由于调色的性质，试图数字颜色配光时这些问题大多变得非常关键。当前大部分制作公司使用部分或全数字中间片传递途径，设计出他们自己的专用方法，确保过程中图像的保真度和质量。他们努力的效果赢得了客户们的信赖。

大部分数字调色工具的创建是为了数字图像在电脑监视器上显示和在银幕上投影。银幕放映允许配光员和摄影导演交互操作改变，并且在接近最终放映的环境中立即显示那些改变的效果。

然而为了能使数字调色方案成功，必须尽可能做到准确标定。例如，大多数监视器上标准视频颜色空间中的红色显示在记录到胶片上后就看上去完全不同了。

现代数字调色提供易于创建的准确的标定工具。拥有自己的颜色标定技术的制作公司可以自定义系统来满足他们的专门需要，但是更小的公司可以使用直观的标定步骤建立精确显示环境。

基本标定以显示设备的线性化开始，避免以后应用的胶片颜色查找表（LUT）失真。使用光感设备¹⁸测量显示在监视器上或放映在银幕上不同灰度插入码的亮度。生成一个校正过的 LUT 保证显示亮度线性响应图像的值——即 CRT 或放映机亮度的提高与数字图像颜色值成比例。如果要设备准确表示胶片的白黑特性（完全透明与完全遮光），白点与黑点也要设定。白电平通常设定为基于通路和清晰胶片放映的标准值。



显示设备的校正非线性响应数字图像（以灰度级码值表示）亮度的等量增加

下一步是标定数字传递途径和创建可以在数字显示设备(CRT 和数字放映机)上精确模拟胶片内容的 LUT。今天这个过程并不是完全自动化的，尽管 ARRI 和柯达等公司涌现很多新技术可以使其更容易进行。

选择经过洗印厂的存贮和处理时，根据会使用的变量数量，数字调色最好能标定来匹配处理胶片的洗印厂。可以使用例如柯达洗印厂标准光号（LAD）控制系统的胶片光楔和工具完成标定。整个数字中间片途径需要从扫描仪到记录仪的标定。

¹⁸ 尽管 X-Rite 设备是由类似 Discreet 的 lustre™ 的系统提供的，其他的设备诸如 CS-100 Minolta 探测器也可以使用。

扫描仪的标定可以靠扫描测试底片—或者拍摄测试卡和光楔，或者调整柯达彩色底片的标准光号（LAD）完成。为了特殊放映或为了一本特别磁带，一台扫描仪经常会重新标定，因为摄影导演可能故意选择以不适应以前标定的方式拍摄。

标定胶片记录仪同样重要，它的完成依靠记录测试光楔或者柯达的数字 LAD 文件到底片，再到洗印厂冲洗。可以为重新检查进行记录，冲洗过的底片也能扫描回系统，结束标定上的循环。拿重新扫描的底片跟原始文件相比，重大的差别往往表明记录仪或扫描仪标定设置或者洗印处理中存在问题。

一旦扫描仪和记录仪标定好了，把一段胶片扫描成数字文件，记录回胶片并且剪切成原底，应该跟底片的差别是难以区分的¹⁹。如果这是实情，说明数字中间片途径标定的很好而且通过这个途径的图像不会发生失真。

最终步骤是标定显示设备，使得能够更直观的看到经过这个传递途径的图像。因此创建胶片的查找表（LUT）模拟投影胶片的显示。

这个胶片 LUT 是用作显示工具而不是数字图像的一部分。改变扫描仪和记录仪的标定会更改图像本身的特性，因此标定过的显示 LUT 要设计成保持数字图像的完整。相反它们仅仅激活图像的一个改进版本显示在数字设备上；这个版本可以更好的表现胶片记录的内容在放映时的效果。

显示器 LUT 是任何数字调色系统的基本部分，能使摄影师和调色师精确测定他们的工作如何改变最终的记录—它们为系统提供“所见即所得”的显示。这样当检查记录时摄影导演可以了解调色是如何处理的。显示器 LUT 提供数字文件到显示器的转换，胶片的颜色和亮度特性不变。

专业调色系统能够根据调色需要加载多个显示 LUT。可以为不同的方案，底片，记录存储，洗印厂和不同的显示设备加载和创建不同的显示 LUT。因为数字调色系统跟胶片内容如此密切的联系在一起，系统能够为每个洗印厂的特殊处理标定也是很重要的。基本的印片机配光调色可以精确匹配任何指定洗印厂，对任何数字配光系统都是一个基本特征。不同的洗印厂对于 18%中性灰的理解不同（例如 25-25-25 或 30-30-30）而使用不同的印片机设置，正如用不同的光圈拍摄要使用不同的光号配光。因此专业调色解决方案能为那些洗印厂提供自定义印片机配光设置的能力。

这些印片机设置从选定进行洗印的洗印厂获得，并输入到设置文件。它们保证当摄影导演对影片数字配光时，数字调色能与洗印厂调色匹配起来。这对基本调色是很重要的，因为它有助保持一致性并使得数字系统更好的与洗印厂环境相互作用。它也为电影专业人员提供更直观的方式，在着手更复杂创造性任务前进行大量的电影调色。

¹⁹ 事实上根据处理精度总会有微小的差异。确认这些差异的线索在普通的观察条件下不易被发现。

Arri

柯达和 ARRI 这样的公司已经开发了能使数字中间片途径从扫描直到记录都能精确标定的系统。

ARRI 已经开发了他们的 L*a*b (L=亮度; A=红-绿轴; B=蓝-黄轴) 系统, 该系统基于 ICC 颜色标准和被称为 “Alice” 的应用软件, 能于记录之前在电脑工作站上正确显示图像。

ARRI 系统匹配视频显示的颜色空间到胶片的对应颜色表。所以用来记录中间底片 (IN) 或中间正片 (IP) 的阿莱激光扫描仪 (ARRILASER) 可以精确复制所有的调色和颜色匹配信息。

ARRI 的 f-theta 透镜固态激光能以 2K 分辨率 3.2 秒/帧和 4K 分辨率 4.9 秒/帧记录胶片。用洗印厂规格的胶片盒容量 (2000 英尺一卷), ARRI 只需要每 24 小时重装一次, 可以尽量缩减必需的人的监督量, 保证长期制作的运作。这些技术不断提升的速度是数字中间片过程发展的有力保证。

胶片扫描

在同时扫描和记录胶片的新系统的发展下, 数字电影工作流程于八十年代后期成为现实。在那时胶片扫描和记录都是非常专门化的而且运行速度极其缓慢; 设备很昂贵并且需要用相当专业的技术维护。因此早期的扫描仪和记录仪, 只有大型的专门的视觉效果公司才会拥有和使用, 例如工业光魔, 计算机电影公司和柯达的分公司 Cinesite。其他后期公司只能把他们的扫描工作委托给这些大公司。

尽管几十年来胶转磁设备已经能够实时扫描胶片, 它们生成的图像只能达到视频质量而且缺乏固定针定位保持一致性²⁰。因此, 要扫描记录回胶片的投影时或至少不需要考虑保持图像质量的时候²¹, 不可能使用胶转磁设备扫描。

在九十年代后期新一代的高分辨率胶转磁设备发展起来了, 例如汤姆逊公司的 Spirit。这些新设备的最初目标是高清电视制作, 但是还能在多种胶片放映上使用并保证质量。厂商们看到了扩展市场的机会, 很快开发了 2K 数据²²版本。尽管这些设备仍然缺少平面胶片扫描仪的质量²³, 它们很快凭借吸引人的性价比²⁴和简易的使用性变的流行起来。这样打开了后期制作公司更广范围的扫描大门。

今天全世界已经有几百家制作公司能够以高分辨率扫描胶片, 顶尖的后期制作公司现在可以为使用胶片拍摄的客户们提供以胶片级 (2K) 分辨率完成制作的可能—而且因此获得更高质量的产品。由于对视频使用 D1 制作, 2K 数据有助于保持原始胶片在整个后期制作过程中的质量。

²⁰ 固定针定位是沿着胶片外边缘使用穿孔, 为了准确校正设备中 (扫描仪, 记录仪, 摄像机等等) 一段胶片的技术。

²¹ 当然很多影院广告片是记录到胶片的视频质量源, 例如某些种类的电影放映 (例如 “女巫布莱尔”)。

²² HDTV 取样一帧 1920*1080 像素的胶片, 每像素 8 比特或 4: 2: 2 取样。接着可以在某些设备上上变换到 2K, 或者为了得到更好的质量, 图像以 2K (2048*1556) 分辨率 2: 2: 2 每像素取样。

²³ 这些扫描仪经常使用比高分辨率胶片扫描仪更低质量的组件, 具有更高的信噪比, 两次取样胶片同一部分时产生更多的颜色变化。

²⁴ 优质固定针定位胶片扫描仪以几种不同秒/帧的速度扫描, 然而胶转磁扫描仪以某些速度扫描—如今有些可以实时扫描。

数字调色

直到最近，扫描设备和硬件色彩校正系统之间往往是一一对应。胶转磁机和色彩校正组件经常在一个房间里，而且被理解为专一整体—为视频录像环境提供高效率的解决方案。

另一方面，胶片最早的色彩校正系统是视觉效果应用软件，例如柯达公司的 Cineon 系统。这些系统具有可以从单独一台扫描仪并行工作同步处理图像的优势。一一对应的局面暂时被打破了。

不幸的是早期数字调色工作流程，例如使用 Cinesite 时，由于当时电脑性能网络带宽和存储能力等限制，无法得到充分的利用。结果基于确定的胶转磁机范例的硬件解决方案赢得了暂时的普及，尽管它们缺乏基于数据的系统灵活性。

今天的计算机，网络和数据存储都更快更便宜了，而且市场上也出现了新一代功能更强大的软件调色系统。这些解决方案具有实时处理，高交互性和尖端特性，但它们仍然完全是以数据为中心的。这样它们可以更有效的适应数字电影制作途径，而且能跟数字后期制作的其他领域如视觉效果更有效的合作。

基于硬件的调色系统往往很昂贵，而且在使用期间较难变更。然而软件调色系统能够减少全面的安装成本，而制作能力却不断提高。对相同的花费成本，软件调色系统可以并行处理多个创作任务，因而可以显著减少制作时间。

数字中间片过程—近视角

现今有很多数字中间片工作流程用来制作电影，但是它们根据（后期）制作任务复杂性可以分成截然不同的三类。

单目标工作流程

最基本的数字中间片工作流程是那些为单独或有限意图服务的。它们几乎专门用来调色，或视觉效果工作，但是并没有很多的其他过程能应用到数字文件上。这些工作流程越来越发展到更完全的数字化途径。

这些更简单的工作流程允许电影洗印厂和后期制作公司访问具有新创作工具的主机，不必担心复杂数字制作途径的管理。它们在传统胶片处理的范围和制作质量上仍有显著优势。对影片色彩校正时，如果很难在布景或外景地上创建外观设置，它们可以提供巨大的自由度。例如科恩兄弟公司的“兄弟你在哪儿？”等电影都是以这种方式调色的。

部分数字工作流程

当工作流程扩展到一个独立传递途径中包括多个数字化过程时，数字中间片过程的能力可以显著提高。这种多重创作过程可以使用相同的数字文件。图像可以扫描一次，接着发送到多个当地服务器上不同的任务（例如调色，除尘或视觉效果）。然而既然仍有部分后期制作工作流程仍使用传统电影技术，这些工作流程只是局部数字化的。尽管很少的影片，例如乔治卢卡斯的“星球大战前传一二部”，彼得杰克逊的“指环王”已经接近全数字化工作流程了，然而大量的现代电影后期制作都属于部分数字化一类。对“指环王：双塔传奇”一片，数字调色总监彼得道尔和第一助理编辑彼得斯卡莱克，一部分一部分把独立的数字中间片流程整理组配，一致化整部电影，调色，把视觉效果工作存为数字文件。结果整部片子大约有 3500 个编辑点，却只接了 600 条底片。

完全数字化工作流程

在一个完全的数字化传递途径中，每个电影元素都存储为数字格式，描述所有创造性决定（编辑，一致性，视觉效果，调色，除尘）的指令集都存为单独的元数据文件。这些指令集可能不得不递归或‘烤’到媒体文件中完成处理。但是它们提供一定程度的提取和通讯，使得以后的修改/发布更快更便于协作。

今天使用全数字后期制作流程最好的示例是 CGI 动画片，例如 Pixar 公司生产的那些片子。然而如前所述，几部影片已经很接近全数字（后期）制作方法，而且随着时间使用全数字流程的影片数目会不断增加。

数字软件

数字后期制作最大的优势在于它能帮助完成以前不可能完成的创作任务—CGI 范围和当今视觉效果工作已经清楚的证明了这一点。当一种新的软件解决方案能使电影作者更具创造性时，调色工作也能验证数字后期制作的这一优势。这些新软件解决方案的巨大优势事实上在于其可以简单的自定义，例如用在 EFILM 数字实验室的 Colorfront 技术，而且它们能比硬件解决方案创造更大的生产力。软件解决方案不需要为了制作处理定制专门的硬件，具有更丰富更快速的进化特性集。它们经常能提供与硬件方案相同的性能，但是更易于使用。

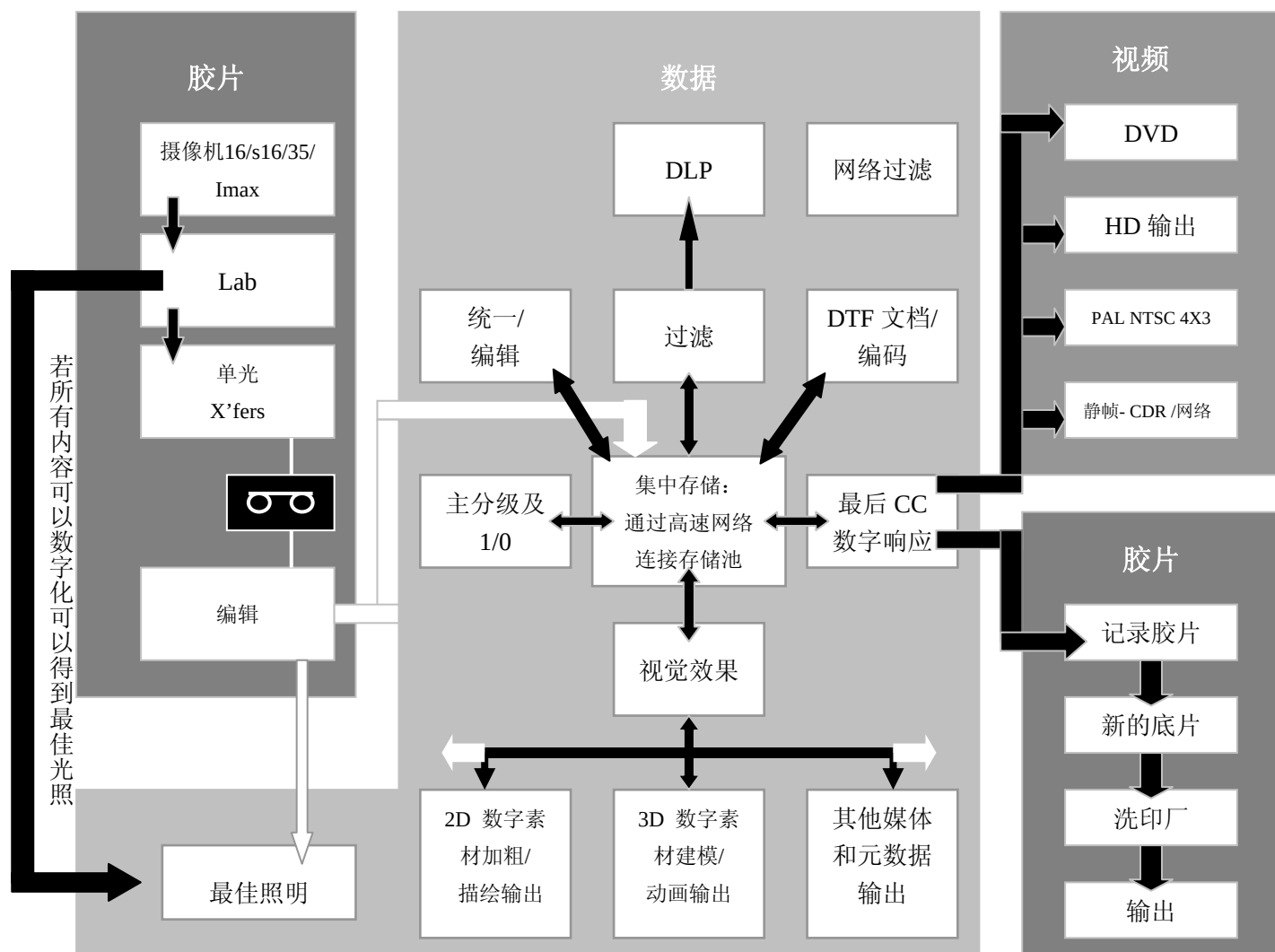
基于软件传输的一个最大好处在于它们可以有效的并行处理复杂任务，并把任务分配在多个工作站上，取代在一个单独系统上顺序处理任务。这一概念适用于所有需要共享资源和要求可升级性的现代化后期制作。

对调色任务来说，创作压力通常与要求工作快速完成的压力一样大。在多个工作站上分配任务是一种提高设备全面工作能力的有效方法。把所有变化或校正作为软件设置来存储的功能替代了实际操作图像数据，使得可以在任何时间直接修改所有的创作变化，直到最后的输出。

如今，可以在 10 比特 2K RGB 文件上完成 16 比特/分量图像处理，无需传统的硬件加速，这是摩尔定律不可动摇的一个证据。2K 硬件系统一年来几乎毫无发展，软件解决方案不仅能取得相当的成绩，还可以提供更广阔的特性集，已经超越了硬件系统。因此越来越多的电影使

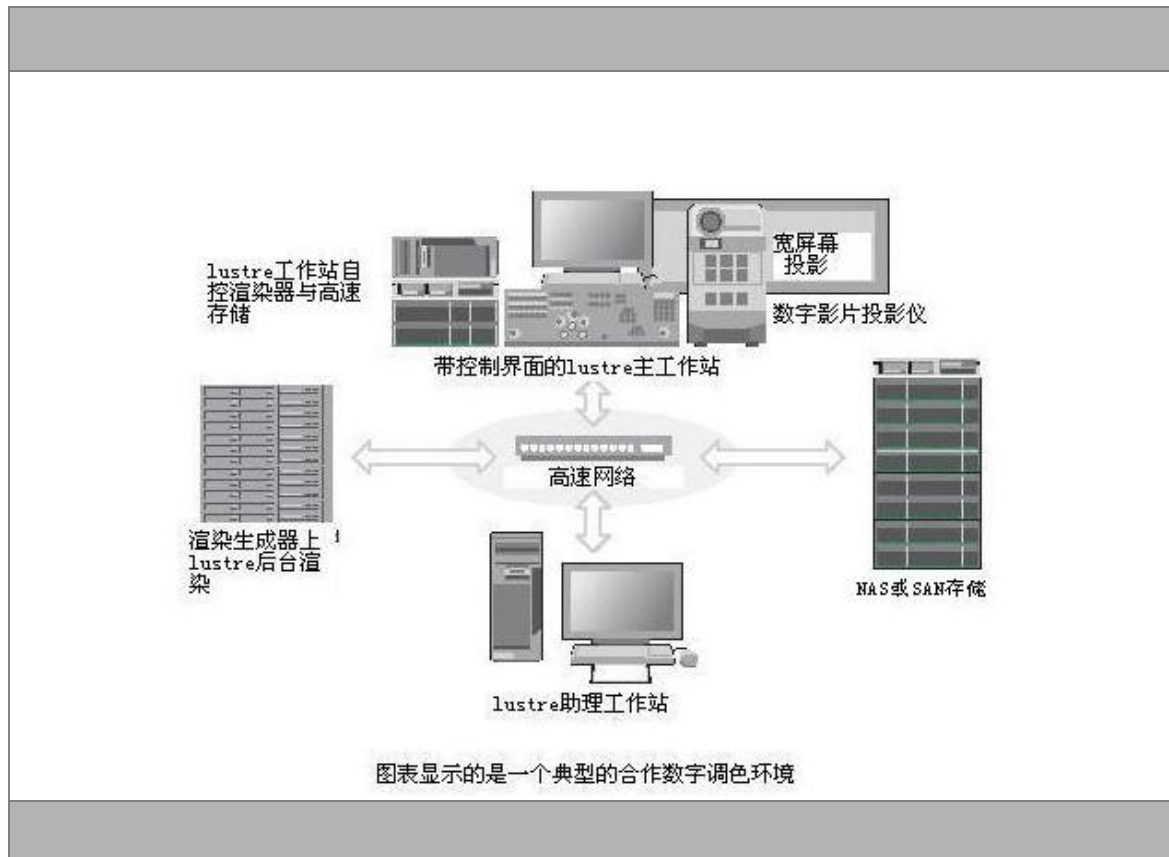
Colorfront 技术，
如今世界上近一半数字
调色的电影是用该技术
处理的。

用例如 Colorfront 的软件技术调色，如今世界上近一半数字调色的电影是用该技术处理的。

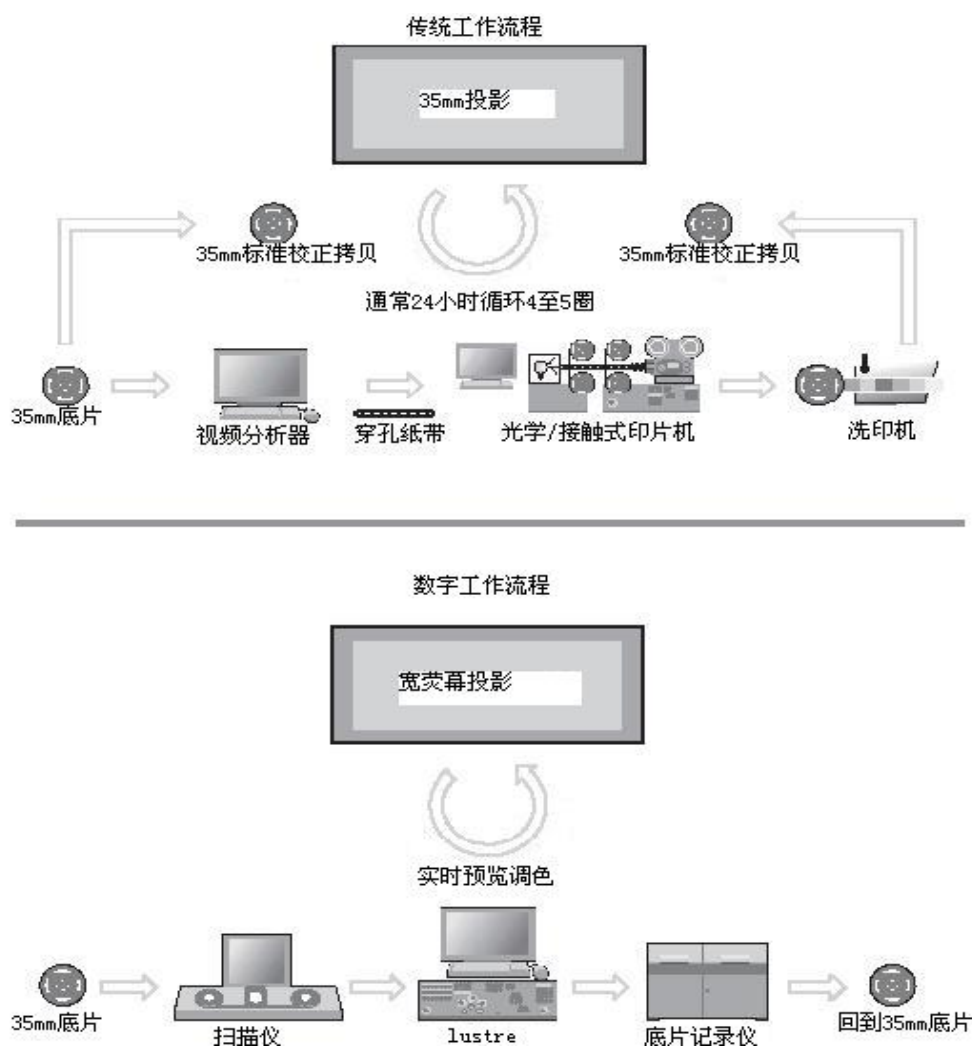


此图是一个多母版制作（音频除外）的数字中间片工作流程的可能示例

数字调色软件系统提供处理数字中间片的高效灵活性方法。它们可以很容易的升级和按不同形式配置。同样也是基于 Colorfront 技术的 Discreet lustre™ 系统可以用作主控制站或者助理站。主控制站提供交互调色环境，而助理站可以用在劳力密集或无创造性的任务上，例如去除脏点和按主站意图保持分站镜头一致性。当在 1K 或 2K 小样上进行交互调色时，软件结构的灵活性允许使用渲染服务器处理 4K 或 6K 的高分辨率图像文件。



数字中间片调色和配光的一个主要好处在于它们提供即时回馈。取代了不得不等待 24 小时才能浏览洗印样片效果，摄影导演可以编辑影片所需的改变，并立即在屏幕上看到那些改变的效果。无论是简单的调整红绿蓝记录亮度还是创作复杂的视觉效果，反馈都是迅速和交互的。与光学调色不同的是，浏览回馈记录投射在屏幕上的数字化等价效果时，摄影导演可以要求改变。这就为导演们提供了一个高质量环境，以保证实时回馈，使他们协同数字调色师工作，这种方式同洗印厂的配光员在一起时是绝不可能的。



数字电影的未来

数字采集

十多年来，数字捕捉已经是电视与视频世界的一个组成部分。模拟视频设备更低的空间，短暂性和低色彩分辨率引出了发展越来越快的数字化转变之路。然而相同的情况对电影来说尚未被证实，如今电影胶片相比当前数字摄像技术可以在空间分辨率，光强度和瞬时变化（高速摄影）上捕捉更多的细节。

诸如 Digital Betacam, D2, D3, HDCAM 和 D5 等数字视频格式，虽然对电视图像复制来说足够了，但在动态范围还太有限或太依赖压缩，以至于无法有效替代胶片。如果不剧烈压缩数据，它们无法在高分辨率捕捉图像信息，这也限制了它们作为高质量数字电影母版的适用性。

现今新的数字技术可以捕捉高分辨率图像，作为未压缩 RGB 数据直接存贮在磁盘上（跟录像带相反）。它们为电影制作者在整个速度，图像质量和灵活性上提供了新的选择。在与编档和存贮格式的标准化结合后，数字捕捉才会在未来生产中扮演重要的角色。

高清晰数字摄像机，例如索尼的 HDCAM SR 和汤姆逊的 Viper 码流摄像机，已经在这一领域测试过，新的 2K 数据摄像机例如 Dalsa 的 Origin 可以捕捉更高质量的图像。这些摄像机为未来高分辨率数字采集展现出了更多希望，有可能在今后几年里流行普及。然而，它们仍然远不能跟胶片摄像机相比。甚至如 Origin 这样具有高分辨率的数字摄像机都不能取代胶片摄像机在很多种类上的电影拍摄。它们的反应时间比能以高帧速（低速运动摄影）的胶片摄像机慢的多，而且胶片还能提供比 2K 摄像机更好的解像力。很明显数字采集和胶片采集要过很多年才能共存。

Viper 之类的数字摄像机对光的反应方式跟胶片的不同，它们生成的图像跟胶片的看上去也明显不同。它们不能简单的洗印出胶片并在洗印厂调色，而是依靠数字调色系统在胶片洗印之前帮助创建最后的显示效果。

根据 Discreet 在 2002 年下半年对消费者进行的访问，大多数预测数字摄影技术会成功的创作者同样表明，采纳该技术需要比之前更多的将调色作为后期制作处理。

事实上，他们预计摄影导演们对数字化方式更熟悉和更有信心后，在制作中因不满效果而不断修改调整的可能性总量会减少。通常的理解是胶转磁开始阶段会较快的粗调，再用后期制作设备进行调色和特效处理，建立更准确的气氛和效果。

尽管这样的趋势仍有些不确定性，很明显当这些新工具可用时摄影师角色在数字电影制作中的作用在扩大。对电影的审美或观感的把握仍然跟以往一样重要，但是当创作手段和创作选择越来越多时这种把握也变得复杂了，因此对经验丰富的摄影师的需求也大大加强了，要求他们能够驾驭现代电影制作的复杂性，并能使最终作品达到导演的美学目标。

数字视频

人们普遍认为数字视频格式（DV, Digi-beta, D1, HDCAM 等等）在准确存储和传输高质量电影图像上太受限制。因此经常直接把从数字摄像机获得的数据记录到硬盘，有时使用双连接 SMPTE 372M 视频技术，把档案保存到 DTF 和 DLT 之类的数据磁带设备上。

有些设备例如松下 D5 记录器使用更小的压缩，而且用在很多基于 HDTV 传输途径的数字电

影制作上。然而有很多新技术即将出现，可以促进在电影制作中更广泛的采用录像磁带设备。例如索尼近来提出了他们的 HDCAM SR 技术和新的 HD VTR (SRW-5000)，能够存储 10 比特/部分取样的 4: 4: 4 颜色数据，压缩失真度比 HDCAM 要低。除了实时视频 I/O (视频输入输出) 流，建立卡片组用来支持数字数据传输的 TCP/IP 接口，预示着人们可以承受的混合视频/数据记录器的时代的到来。

我们可以预计未来技术上类似的发展不断提高数字系统的适应性，性价比，性能和质量，而且促进广泛采用数字采集和数字制作进行 HDTV 和电影发行。

数字影院

支持者期待数字电影放映的最终转变，他们认为真正的问题不在于能否转变而是何时会转变。有一件事是可以肯定的，数字电影放映的到来还要经过很多年才能实现。尽管数字电影放映可能促进逐渐接受数字中间片制作，它们两个还没有连接起来。数字中间片过程在媒体获取和分配上是独立的，它对后期制作具有独特的优势。现在全世界只有几百家电影院安装了数字投影仪。数字放映的安装和维护都很昂贵，而且通常电影院的利润都很少无法保证额外的开销。不但如此，转到数字系统所能节省的费用用于制作和电影产品的发行，而不是由放映方面产生的。NATO (北美影院业主) 之类的行业机构继续关注数字技术的进展，但是在推进人们广泛接受数字系统上仍有所保留——主要出于对当前数字系统的成本质量和使用期限的考虑。

使用数字放映系统照亮一个大屏幕仍然比光学系统昂贵的多。更重要的是，光学放映机的维修并不昂贵，设置相当简单，荒废退化的危险也更小。影院老板们有些害怕：(1) 数字系统在技术上很难安装和维修；(2) 新格式新标准和更好的技术会很快使当前系统无法兼容和过时。

数字系统在质量上不断提高，而且电影之外在高清数字显示方面，还存在着推动数字系统发展的动力。德克萨斯仪器公司推出了 2K DLP 技术，在 Barco 和 Christie 等厂商制造的新放映机上就使用了该技术。

生产和发布发行拷贝非常昂贵。成千上万的拷贝需要运送到世界上十五万个银幕前。因此只是简单的扣除使用物理拷贝的需求，每年就能大约节省十亿美元²⁵的费用。

有许多公司为控制数字影院节目的发行和重播进行竞争。他们在为电影院准备专用的安全的网络 (陆地布线或通过人造卫星²⁶)，使得能够在适当时期播放高清电影节目，并保证安全性。未经授权的复制品和盗版是电影公司要关注的巨大问题，也是另一个限制数字电影被广泛接受的重要因素。

数字中间片解决方案

数字中间片在后期制作上有很严格的要求，有时候很难越过管理大量数据的技术现状看出数字中间片如此引人注目的根本原因——它们能赋予人们全新水平的创造力。

过去的十年里已经开发出两个基本模型处理创造性数字后期制作的问题。这两个模型可以不

²⁵ ERIC A.TAUB, 电影中的幽灵，它的未来，纽约时

报: <http://www.nytimes.com/2003/06/19/technology/circuits/19cine.html>

²⁶ 当今单独一座人造卫星的转播能同时传送到成千上万的电影院，每小时耗资低于一千美元。传播一部 90 分钟片子大约用时 2 至 3 小时。

太严格的定义为硬件和软件模型²⁷。

硬件模型由系统开发商们组成，他们最大的研究和开发努力都投入在建立为了完成特殊任务的专有硬件系统上。在这个模型里各种方法都是可能的，包括 ASICs（特定用途集成电路）的发展以及 FPGAs（大规模可编程集成电路）的规划。这两种方法都是设计成把特殊的后期制作任务‘烤’入自定义的硬件。

对于专门开发创作工具而不是开发平台的公司来说，软件模型是首选。这些公司大量的研发努力投入在开发特性丰富的应用软件上，这些软件在通用计算机平台上使用。根据摩尔定律假设大多数硬件平台往往很快就会过时。

发展和修订软件特性总是比在硬件上执行软件用时要少。因此软件产品往往功能性更丰富发展也更快。另一方面，硬件模型可以展现暂时的性能优势。系统越专业化优势越大，但是产品特性集的限制也越大。最好的硬件系统是那些为几项特殊任务高度优化的系统。厂商试图在硬件上执行的特性集越广泛，与系统类似的通用计算机越多，而且系统能提供的性能优势也越小。SGI，AMD 和 Intel 之类的公司投资几十亿美元开发高性能通用计算机平台，这使得所有专用硬件厂商更难跟上这些大公司的发展速度。

从 2000 年到 2002 年专用硬件厂商能够提供 2K 图像处理的性能优势。到 2002 年末随着几种新的高性能计算平台的发布，这种优势显著减小了。这使得高端软件解决方案²⁸首次提供实时 2K 处理。

今天硬件和软件模型为 2K 数字中间片工作流程²⁹提供相当的性能，而且真实性能微分器提升到 4K 分辨率——尽管当前还没有调色编辑或特效系统的厂商提出 4K 硬件解决方案。

硬件方案和软件方案的最终选择取决于后期制作公司的确切需求。对那些需要在可测量性，协作性和数据管理方面具有最大适应性，或者那些寻求更复杂特性集以便增强创作力的制作公司来说往往投资在软件解决方案上。如果计算机技术与数字中间片过程都能快速发展，可以预计调色工作跟数字电影传输途径的其他部分都将以相似的方式发展，由以上原因，继续受基于软件的系统的控制。

2K 足够好吗？

胶片数字表示一章里讨论过关于 2K 扫描是否是数字中间片的最佳分辨率存在争论。如今 2K 明显是更实用的数据容量，但是它也存在一些明显的质量限制。

不仅只有 2K 扫描是实用的，而且提供一个发行拷贝的高质量数字表示完全是有可能的，尤其当要考虑大部分发行拷贝的最终显示质量的时候。另一方面 2K 扫描无法充分捕捉包含在原始拍摄底片上所有的丰富细节。因此更高分辨率和更大比特深度的扫描是必需的。

2K 扫描是否足够好的问题因此可以转为，数字中间片是否真的是原始拍摄底片或发行拷贝高质量表示的问题——即是否图像质量应该与设备上捕捉的或者影院所显示的质量有密切关系。

²⁷ 这部分是对专门硬件的使用分析，这些硬件针对‘创造性任务’——视觉效果，编辑，色彩校正——跟针对设备基础的硬件是明显不同的范例，那些硬件是针对扫描，记录，视频——生产率工具——标准转换器等等。

²⁸ 例如 Discreet 和 Colorfront 公司联合开发的 luster 系统等软件解决方案能以每部分 16 比特使用主机 CPU 来实时处理 2K 图像——这是比开发自定义 ASICs 或设计 FPGAs 得到相同性能的方法更灵活。

²⁹ 2003 年早期，调谐的软件系统能够比得上很多通用 2K 自定义硬件平台的性能，尽管高度专业化的硬件系统，例如 da Vinci 2K，对相同的任务不断提供更好的性能。可以预计软硬件系统之间的差距很快会缩小。

大多数电影职业者会坚持，给出同样的成本，在制作过程中尽可能始终保持原始底片的质量是更好的；数字视频后期制作也是基于保持原始资源的质量，直到处理过程结束。只是在最后才转换成低分辨率（合成或 MPEG）信号发送给观众。

如今 2K 扫描是一个合理的折衷。扫描出的图像对大多数后期制作需要来说是足够的了，而且生产效率的增加意义重大。然而不要指望会永远保持这种状况。有些数字后期制作过程的部分已经使用更高分辨率的扫描了，最明显的是为视觉特效使用 4K 扫描。今天这些高分辨率扫描只是在必要时进行，因为以 4K 分辨率处理整部数字中间片既昂贵又耗时。由于计算机性能和存储能力不断提高，可以预计随着时间数字途径会继续发展，赶上原始底片上的图像质量，而且到时 4K 或更高频率扫描也会变得很平常。

网络和存储

以 2K 分辨率数字化一整部电影会创建巨大的数据量，这就需要在全部数字中间片过程中进行管理。后期制作公司投入大量的时间财力管理这些数字化数据，决定哪些数据应该在线保存，保存在哪里，哪些应该存在一起，哪些应该归档，以及下一个制作过程中数据该用在哪里。

因此可以预计最成功的数字中间片工作流程应该是那些基于灵活配置高速网络和高效存储的流程。

现今使用最流行的网络技术是 HIPPI 和吉比特以太网。HSDL（高速数据连接）作为点对点方案，作为高清媒体传输手段也很流行。尽管 HSDL 能提供一些性能上的优势，由于不是纯粹的数据模型，它的使用也很有限。10 吉比特以太网等新超高带宽网络技术变得越来越有效也越来越便宜，HSDL 等技术的长期生存能力就不能确定了。

必须在系统间传递数据是另一个要主要考虑的问题，因为电影文件的每次转移都意味着要在网络传输很多千兆字节的数据，因此制作公司都在共享存储解决方案上投资以减少转移数据的需要。

存在的几种类型共享存储解决方案中，可升级性最好的是网络附联存储（NAS）和存储区网络（SAN）。它们的区别是 SAN 是针对存储设备的专用网络，通常建立在纤维通路技术上，而 NAS 设备存在于标准网络（LAN 或者 WAN），也可以用在非存储相关的数据传输上。

SAN 的表现根直接附联存储设备很类似。它们通常依赖专用文件系统提供访问，因此无法供所有的操作系统访问，通用性差一些。然而专用网络经常能够提供 NAS 上无法得到的附加功能。

从某些销售方得到的 SAN 解决方案，例如 SGI SAN Server™ 和 CXFS SAN 文件系统，已经专门设计成在应用软件间提供高性能数据共享，而且已经在几个数字电影站点安装了，包括需要同时处理多个数字中间片的 EFILM 数字实验室和 Éclair 实验室。

NAS 解决方案包括附联在 TCP/IP 网络上的独立存储单元，例如通过一台服务器的吉比特以太网。使用标准 CIFS（通用互联网文件系统）和 NFS（网络文件系统）I/O 协议访问这些存储单元，它们能为运行在不同操作系统上的多个工作站进行数据服务。

NAS 解决方案相对容易管理而且扩展性好。它们很快从新的网络技术中受益，例如吉比特以太网和 10 倍吉比特以太网，并且具有高度的容错能力。高性能 NAS 系统，例如 Maximum Throughput 的 Sledgehammer，专门为高清媒体工作流程进行了优化，能够为更快访问媒体提供非常高的数据速率。

在 NAS 或者 SAN 解决方案之间进行选择依靠工作流程的需要。有时两种都是必需的。NAS 方案能用来有效扩展 SAN 配置，两者不断从持续增长的硬盘驱动器和网络布局能力受益。直接附联存储针对本地文件缓存使用，尤其在需要极高数据传输率而且传输率能得到保证的情况下。

数字整合

数字视觉效果已经成为现代电影制作的一个完整部分，而且由于数字效果的不断增加，越来越多的电影扫描成数字格式，使得数字中间片世界的不断向前发展。

数字中间片提供新的创造性机会，也增加了电影后期制作过程的复杂性。使得这种复杂性易于处理是关键，还需要工作流程中各种处理过程的更加融合。这样也推动数字调色更容易的结合到数字电影制作其他部分中，尤其是视觉效果。

整合调色能使电影制作者们更高效的对不同阶段的内容进行调色：如数据采集时，结合多种元素到复杂效果时，或者在记录到胶片前的最后显示效果时。

跟创建渲染文件相反，整合这个过程的能力允许处理改变记录成元数据。这样调色信息就能独立保存，只在需要的时候使用。潜在的，它甚至可以作为一个视觉特效或 CGI 镜头的最终渲染的一部分使用。

数字中间片的未来在于编辑，调色，视觉特效和音频的轻松协调。这些处理共同组成了数字中间片工作流程，想获得更高的效率更丰富的创造力那么现代数字中间片工作流程必须认真考虑所有这些因素。

DISCREET 的观点

调色是电影制作工作流程成功过渡到全数字化非线性创造性环境的下一个步骤。因为基于软件的解决方案具有更好的灵活性和可升级性，能支持任何分辨率或宽高比的图像，能整合当前高端后期制作和视觉特效工作室的数字后期制作流程，Discreet 公司相信进行视觉特效处理时，软件方案能对调色处理提供更好的优势。

更重要的是，软件解决方案能提供更丰富的特性集，可以更轻松的处理更复杂的创造性任务而且易于升级。软件方案一贯提供新的改进的工具迎接未来的挑战，在性能和投资收益上具有长期优势。

任何解决方案最终的成功都是基于对终端用户创造性需求的理解。方案运行的平台经常落后于潮流而且最终会过时荒废。活跃于这些平台上的是那些创造性工具，它们不断发展不断适应终端用户的需求，从一个平台移植到另一个平台始终追求最新最优化的性能。

为什么创造性工具如此重要？艺术家们使用它们，可以充分发挥想象力，实现自己的梦想。正是执此理念，Discreet公司成为了数字电影技术和后期制作系统的世界领头人。Discreet的inferno®, flame®和fire®系统已经成为数字电影优秀的标准工具。它们是十多年的电影制作经验和现代电脑性能的有机结合，连同luster™,是数字中间片极佳的创造性工具。

Discreet的数字电影系统

自从1993年第一次在“超级马里奥兄弟”中使用以来，flame(以及后来的inferno)已经成为某些屏幕上最具震撼力的视觉效果影片幕后发电站。Flame和inferno在电影上获得的荣誉已包括数百部影片的开拓性视觉特效工作，例如奥斯卡获奖影片“阿甘正传”，“黑衣人”，“黑客帝国”，“泰坦尼克号”，“角斗士”与“指环王”等等。从1997年以来，奥斯卡最佳视觉效果奖提名的影片有95%的视觉效果都是在Discreet系统上创建的，这是Discreet制作线杰出创造性能力的确实证明。

Flame和inferno系统提供视觉效果管理员和艺术家们行业里最尖端的合成工具集，包括高级颜色标定和能精确处理线性及对数图像数据的色彩管理工具，高级色彩取样管理工具，能达到6K图像处理和实时2K回馈。Inferno的功能能使艺术家们同视觉效果管理员和电影导演们真正交互协作。它是能让你验证想法时能立即得到回馈的强力设计工具。同样inferno也成为全世界的电影工作室里创造性处理过程中必不可少的一部分。

不管你的媒体是从原胶片或者数字摄像机得到的，fire和smoke®编辑与修整系统能让你更轻松更高效的讲述引人注目的视觉故事。得誉于其尖端的工具集和保持原貌的图像质量，世界上最有天赋的编辑们和艺术家们都使用Discreet的fire和smoke系统，在从大制作影片到电视剧的放映范围内工作。Fire和smoke技术能使你自由的编辑高分辨率数字电影放映而不会有质量损失。行业里fire是唯一完全具有非线性编辑特性，能提供完全12比特/颜色组分的色彩保真度，实时HDTV和2K回放，并且支持高达4K的图像分辨率的软件。

Discreet的luster是一个直观的高性能的数字调色与色彩校正系统，是针对交互式电影显示设计和创作的。在为高分辨率胶片扫描和数字中间片提供丰富复杂的特性集工作时，luster系统的特性与强大的软件设计能保证实时2K色彩校正与调色。Luster系统能满足调色师和摄影导演们极其专业化的要求，能为摄影师们提供熟悉的工具和独特的性能，不仅使他们设计和创作新

的电影显示效果，还能分担经过数字中间片处理过程的色彩处理工作。

法国巴黎 Éclair研究室

1907年建立的Éclair研究室是欧洲顶尖的电影工作室，能提供包括底片处理，35mm发行拷贝，数字中间片和数字后期制作等一系列服务。

Philippe Reinaudo，扫描和记录导演以及Yvan Lucas，Éclair的调色师评论数字中间片时说：“对化学方法调色形成挑战的原因在于用以往的方法只能推断或猜想影片的最终显示效果，因为几乎没有机会能在处理过程中看到调色的结果。Éclair研究室中化学实验室的一个关键问题是对胶片对比度的修改。。。”

“。。。调色是非常困难的过程，比对视频数字调色要难得多。胶片图像的视频处理是很危险的，因为你在改变图像的本质。对胶片几乎没有或根本没有容错的空间—每个事物都必须完美因为你会在很大的屏幕上看到图像。。。”

“。。。luster的伟大之处在于摄影导演，导演和调色师拥有绝对的共同语言，每件事都处理的非常非常快。。。”

Éclair/Discreet的数据工作流程图

