

高等院校影视舞台艺术设计专业实用教材 ■

影视后期合成特效

倪洋 编著

上海人民美術出版社

高等院校影视舞台艺术设计专业实用教材 ■■■■■■■■■■

影视后期合成特效

倪洋 编著

上海人民美術出版社

图书在版编目(CIP)数据

影视后期合成特效 / 倪洋编著. —上海: 上海人民美术出版社, 2008. 12

高等院校影视舞台艺术设计专业实用教材

ISBN 978-7-5322-5988-5

I. 影… II. 倪… III. ①电影-后期-制作-高等学校-教材②电视-后期-制作-高等学校-教材 IV. J9

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第181437号

高等院校影视舞台艺术设计专业实用教材

影视后期合成特效

编 著: 倪 洋

责任编辑: 孙 青

整体设计: 潘爱瓔

版式设计: 赵 敏 陶春晨

技术编辑: 季 卫

出版发行: 上海人民美術出版社

(地址: 上海长乐路672弄33号 邮编: 200040)

印 刷: 上海市印刷十厂有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16 9.25印张

出版日期: 2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷

印 数: 0001-3300

书 号: ISBN 978-7-5322-5988-5

定 价: 45.00元

前言

如今影视制作被推向数字媒体制作与传播的新时代，技术的发展使得影视制作领域发生了巨大的变化，价廉质优的影视合成系统的发展与改良，也使后期合成工作变得轻松起来，这项技术不再是少数人秘而不宣的独门绝技了。我们可以看到，不仅专业市场需要后期合成影片，个人用户也开始自己摄录并合成影片，本书正是要带领读者进入影视合成特效领域，了解影视合成的基本原理、创作意识、制作手段以及影视特效的审美文化。

本书探讨的基本上是“小规模”的后期制作，这种制作方式被大部分学生、独立制作者和广播电视机构制作者所采用。小规模制作并不意味着一定是业余的制作，广播级制作设备与非广播级之间的差距实际上并不大，因此笔者在书中特意强调了专业的制作标准，这样读者可以利用现有的“小规模”的设备创作“大制作”的特效。

本书一方面探讨了后期合成的技术因素，另一方面探讨了特效美学。其结构反映了笔者对后期特效制作技术的研究，无论在普遍应用的制作技术方面，还是在应用技巧实现某种特效的可能性方面，都有深入的探讨。与此同时，本书更强调了美学原则和实用技术的融合。影视艺术总是离不开技术的支持，艺术与技术的相互作用与融合，将影视艺术带入一个崭新的思维空间。艺术与技术的互动关系是影视艺术的一大特点，这一特点也体现在书中。

此书并没有详细地介绍合成软件中的控件，而是建立起比较完善的影视合成知识体系，希望读者在理解了影视合成特效背后的原理之后再学习软件的操作。这样不仅让读者系统理解影视合成原理，还提供给读者培养自己创新观念与思维的手段、条件和方法。并希望借此书激发读者的美学思考，带给读者全新的思维方式，进入一个新的艺术与技术融会贯通的知识领域。

此书中所用图片均为笔者亲自摄制的一手资料；与此同时，我特别想感谢我们美术学院数码艺术和综合媒体专业的学生，他们在学习影视合成特效课程时表现出了极大的热情与强烈的探索精神，书中部分图片正是上课时所拍摄的实例，最后一章所用的学生作品，反映了新生代对生活、艺术的理解，读者可以在他们的原创作品体会到他们的锐气与活力，也希望借这些作品带给读者更多的创作灵感。

此外，本书得到了上海市科教委科研专项基金项目 and 上海师范大学文科科研项目的资助，感谢上海市教育委员会和我的母校对影视艺术科研的重视与支持；感谢孙青编辑为策划与设计此书所投入的热情和无私的帮助。希望此书中所建立的专业知识构架，能够为读者影视创作的生产实践提供适用的操作方法；希望读者能将书中的理论付诸影视创作，挖掘数字化时代中新形式的影视特效艺术，创造中国电影的数字化实践。

倪浩

上海美术学院 2008 年 9 月

影视后期合成特效

前言	3
第一章 影视·数字·合成	7
1. 影视视频基础	8
2. 视觉信息的数字表现	13
3. 影视后期合成特效艺术的发展历程	16
第二章 影视合成特效艺术的基础概念与工作流程	19
1. 学习观察影像	20
2. 影像的“变形”	22
3. 基础影像的处理	30
4. 基础影像的合成	34
5. 时间的变幻	42
6. 影像的跟踪与稳定	46
7. 色度抠像	54
8. 色彩校正	67
9. 总结工作流程	75
第三章 数字、影像、软件相互作用合成特效镜头	83
1. 虚拟摄像机的模拟	84
2. 光的合成	91
3. 表达式的运用	102
4. 蒙版的运动跟踪	109
5. 仿真模拟	120
6. 补救画面	128
7. 提高合成影像质量与效率的方式	136
第四章 视频短片中合成特效实例分析与解决方案	141
一、实拍与CG的结合	142
二、定格动画	144
三、插图CG合成	146
参考书目	148



第一章 影视·数字·合成

第一章 影视·数字·合成

1 影视视频基础

要理解影视后期中的特效原理，我们首先要了解电视节目是如何传播的；电视图像又是如何在时间和空间里组织影像的；NTSC和PAL制到底有什么区别；方形和非方形像素之间是什么关系；场是如何运作的，如何去场；电影和电视影像的区别；因为这些问题时常困惑着视频后期制作者，只有解决了上述问题我们才可能进一步合成影像。

1. 电视节目的传播

电视传播信号比电影复杂得多，它要将大画幅的影像压缩成最小的信号通过无线电传播，因而所有影像都被压缩成信号，尽管电视每一帧的大小比电影帧小得多，但是它们还是能保持良好的外观。这是因为设计现代电视系统的科学家和工程师分析了人眼最敏感的光谱，谨慎地把最大画幅的影像压缩成相同的视觉光谱段。其原理是对于同一段影像信息，人眼可以清楚地看到某些部分精确的细节，有的地方人眼近乎盲点，几乎没有影像信息传递。

2. NTSC制和PAL制的区别

NTSC (Nation Television Systems Committee, 全国电视系统委员会制式) 用于：美国、日本、中国台湾、加拿大、墨西哥，大部分中美和南美地区。

PAL (Phase Alternating Line 逐行倒相制式) 用于：中国、英国、澳大利亚、德国、意大利和欧洲大部分国家。

另外还有SECAM制式，它用于：法国、俄罗斯等。

NTSC和PAL的应用范围较广，我们分别从帧速率、影像大小和像素比这三方面来比较NTSC制和PAL制之间的区别：

a) 帧速率

首先我们查看它们的帧速率，PAL制视频是25帧/秒，一秒中包含50个交错场，它没有掉帧问题，因为它运作的时候就是以25帧/秒为帧速率。

NTSC制视频以每秒30帧的速率运作，不过严格意义上是29.97帧/秒。为

什么会有这样的差异？原因必须追溯到1953年彩色电视发明之际，为了让所有影像都能在电视机里同时出现，只能把时间信号做一点改变，最后得到的结果就是29.97帧/秒。那么NTSC制视频以30帧/秒设置帧速率会产生什么影响呢？一般情况下没有。但是，我们需要了解时间码中的掉帧现象，也许有一天你就会碰到这样的情况，尽管大多数时候我们都是处理PAL制的视频。

现在我们就来具体了解一下掉帧现象。一般视频影像的时间码以“小时:分钟:秒:帧”为结构，问题是如果以30帧/秒设置视频时间码，但实际上却是29.97帧/秒的帧速率，半分钟后时间码就多出来一帧，1分钟多出来2帧，依此类推，这就是所谓的掉帧问题。如果你处理的是广告片，由于广告都很短，一般都采用没有掉帧的时间码。所以你拿到NTSC制视频时必须询问是否有掉帧，因为它们会改变你工作的总帧数，要调整1分钟里掉出的2帧，就必须在1分钟里去掉2帧，否则掉帧和非掉帧混淆的视频元素会给你的后期工作带来灾难。

b) 分辨率

广义上讲，分辨率决定一个图像的细致程度，视频信号的分辨率由构成画面的水平行数来度量。水平行数越多，可以分解的细致程度就越高，图像质量就越高。

实际上讲，电视视频图像的分辨率由电视制式所决定，PAL制视频是625行分辨率，NTSC是525行。另外，每种高清格式也有相应的特定行数。例如，1080i50和1080p30格式的分辨率都是1080行。

c) 影像大小

我们再来看看两者的影像大小。PAL和NTSC都被数位化成同样的720像素，但是PAL制有576行扫描，帧的大小是 720×576 。我们把PAL制图像放至电脑监视器上，PAL像素是上下挤压，像素变宽了，感觉变胖了。

数位化后NTSC制的帧的大小是 720×486 ，每行扫描线被数位化成720像素，扫描时有486行。而NTSC像素是水平挤压，所以把NTSC制图像放至电脑监视器上，像素感觉变高了。

d) 像素比

我们发现无论是PAL还是NTSC制，它们都不是方形像素，而我们工作的电脑却是显示方形的，视频帧在方形像素的工作站上显示时往往是扭曲的，由此引发了一系列问题。

PAL制的像素比是1.1，也就是说，像素的高是宽的90%。在NTSC制中像素比是0.9，意味着像素的宽是高的90%。我们来看一下这个数据的由来：数字化分辨率在纵向上是无法任意增加或减少的，而在横向上却没有这样的限制。原始模拟信号的视频可以在横向上以任意大小的分辨率扫描，它所受

限的只是硬件的速度。我们之所以最后确定扫描行宽为720像素，是数据带宽和视觉效果妥协的结果。这也意味着，如果横向的数字化分辨率和纵向的分辨率匹配的话，就可以生成方形像素，而非方形像素的视频影像拿到电脑显示器上，影像就变形了。如图1-1至图1-3分别代表了方形像素、PAL制和NTSC制下的方形像素。



□1-1 代表了方形像素。

□1-2 代表了PAL制下的方形像素。

□1-3 代表了NTSC制下的方形像素。

□1-4 展示了上场和下场扫描展示的视频帧。

□1-1

□1-2

□1-3

3. 场的构成

那么，传播的信号又如何能在电视中展现完整的影像？电视上的帧是根据交错的场构建而成的，每次扫描的结果就构成了电视中的一帧，每一次扫描的信息组称之为场。隔行扫描（Interlacing）意味着对一个镜头执行两次不同的扫描，从影像的第1行开始，从头至尾对奇数行扫描完一遍，然后回到影像开头，接着从第2行开始扫，再到第4、6、8行……当这两场合并起来，展现在电视上的就是完整的影像。每个场在扫描时在电视上持续几毫秒，接着就慢慢消失了，所以当上场出现了，下场再扫描出现，当下场慢慢消失时，接下来的上场又在扫描过程中，以此类推。这样隔行扫描的方式可以迅速融合上下场，构成持续运动的影像。如图1-4，展示了上场和下场扫描展示的视频帧。

两个场扫描的影像组合成一张完整的影像，但是场的次序经常发生改变，我们要区分上场和下场就是根据扫描从奇数行开始还是偶数行开始。视



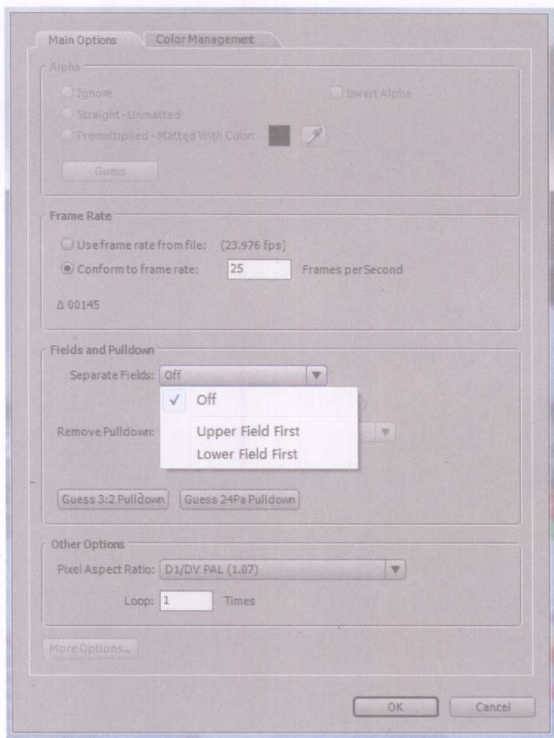
□1-4

视频帧由下场跟着上场出现，我们称之为上场优先；如果由下场开始，每个帧上场跟着下场出现，称之为下场优先。通常，在电脑工作站中看不出上下场出现的问题，因为工作站监视器是逐行扫描的，也就是说它每次都是从头到尾一行一行扫描的。即使电影在电脑工作站上显示是良好的，但是一旦放到电视监视器上，问题就出现了。

从肉眼观看，持续的场看不出上场还是下场优先，但在后期合成前，你必须在工作站中将视频数字化。所以我们拿到后期制作的片子一定要确定它是否有场的问题。顶端的扫描行如果是奇数的话，进入上场，接着扫描第二行；如果是偶数的话，扫描下场，依此类推。如果系统猜测错误，你必须利用软件将其调整过来，这样的操作十分简单。

对于不同格式所选择的场，不能一概而论，例如 Avi和Mov格式，对于原本无场的影像应该选择off，比如胶转磁的影像；对于DV和DVD格式的素材，多数选择lower；广播级采集卡采集的非压缩格式的影像多数选择upper；平面软件生成的PsD或Ai格式的图像，由于图像内部通常不带场信息，则应该选择off。但最终选择

场还是要经过测试才行。如图1-5，After Effects里有可供选择上下场的选项：Separate Fields。



□1-5

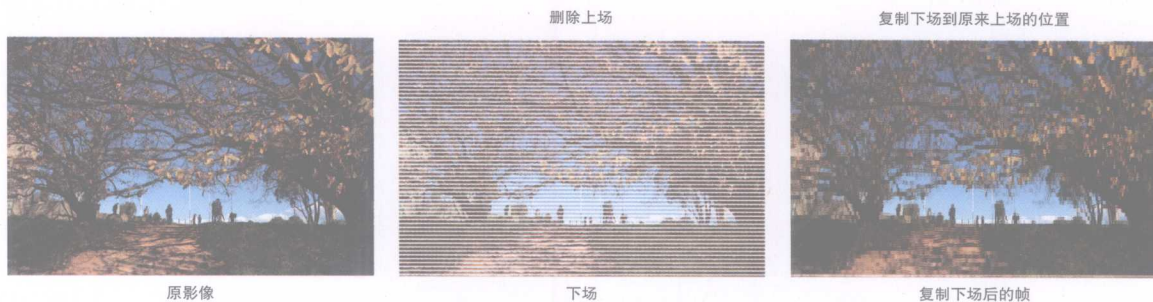
□1-5 After Effects里有可供选择上下场的选项。

4. 去场

如果你的视频是用DV来拍摄的，那么所有视频帧都是交错的，一般在后期合成前需要去场；如果你只是进行简单的添加蒙版、校色合成，那么去除

交错就不必要了；如果你对像素执行了滤镜操作，那么就必须对画面去场。

我们发现，很多素材去场之后效果往往并不理想，这是由于去场有很多种方式，不同的方式有不同的难易程度，处理后的质量也不同。当然，最复杂的方式提供了最好的质量。下面列举了三种最常见的去场方式。或许你的后期软件并不允许你随意选择采用何种方式去场，但是理解了去场的原理之后，我相信你会对场的概念有更深入的理解，今后碰到类似问题也会有自己的应对技巧。



□1-6

□1-6

我们看到将原影像中的上场信息删除，复制下场后的影像质量并不好。

a) 插入扫描行

删除每帧中的上场或下场，然后将剩下的场填充到删除场的位置。这是最简单的方法，但采用这样的方法，意味着我们丢失了一半的图像信息，也降低了原图像的质量，得到的效果并不理想。如图1-6，我们看到将原影像中的上场信息删除，复制下场后的影像质量并不好。

b) 平均场

当帧分离为两个场，我们对每个场都进行插入运算，也就是分别对上下场进行方法一（插入扫描行）的操作，然后将得到的影像平均起来，得到最终的效果。此方法保留了更多的原始图像信息，操作起来稍微复杂一点，但是最终的成像效果还是不如原始影像。虽然技术上保留了原始图像的信息，但是经过插值和平均演算，影像质量还是有轻微的破坏。

c) 分离场

之前两种方法都降低了影像的质量，因为它们以不同方式插入了场，接下来介绍一种更复杂的方式，它可以保留图像所有的信息，也提供了最高的质量。其原理是拆分每帧的场，利用新分离的场作为新的帧。每个新的“帧”高度只有原始帧的一半，帧的数量成双了，所有图像信息保留下来了。这时你可以对这些“矮”的影像进行合成处理，在加完所有效果之后重新交错扫描，恢复原始大小。这样的操作保证了质量，但是“矮”的影像给特效处理带来了困难。例如你要放大影像20%，这时你只可以将X轴放大

20%，Y轴放大10%，因为以后我们还要拉升影像重新扫描，所以Y轴上的操作量只能为X轴的一半。不过像Flame等一些高级合成软件能自动解决这些问题，你不必为此而顾虑。

5. Video转换为电影

电影的帧速率是24帧/秒，让PAL制视频以24帧/秒的速度运转并不困难，一帧电视可以对应一帧电影，只是放慢了4%，没有人可以看出4%的减速，但是人们却可以听出来，所以音频轨道必须压缩4%来与画面同步。另外电视视频的Gamma要保持足够“亮”，电影的Gamma较低，要把视频转换为电影必须校正Gamma。

在渲染CGI元素时，有一些选项可以让你选择影像的大小、像素的比例、Gamma的值、用场（上场还是下场）或是不用场、帧速率为多少。当然有些人喜欢以24帧/秒来渲染，让CGI更有“电影感”。

6. 电影转换为电视

如果电影中有部分画面要转换为电视，在扫描电影时有几个步骤，电影帧的像素比必须匹配电视，必须用非方形像素，帧的大小要缩小，电影的速度要改变，另外还要提高电影画面的亮度到电视视频水平，调整Gamma曲线，而不是调整亮度（brightness）。

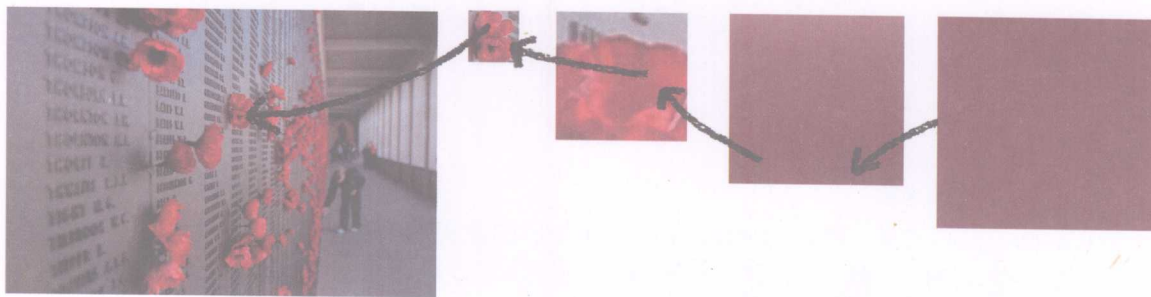
2 视觉信息的数字表现

将视觉信息以数字的形式表现，这在计算机技术的早期就已经出现。20世纪60年代，要用计算机显示一个很小的图像都会占用很大资源，如今，我们已经被数字图像所包围。利用数字技术，我们不仅可以创造不可思议的特效，数字化的视觉信息还可以在瞬间跨越地球传送。

1. 数字图像的基础概念

所有用计算机处理的信息都是二进制的，也就是说这些计算机数据就是一堆0和1的组合。计算机数据的最小单位是比特（bit），每个比特可以是0，也可以是1；数据里最常用的单位是字节（byte），它由一组8个比特构成，每字节有 $2^8=256$ 种“0和1”的组合可能性。

每个图像由像素组成，每个像素都是二进制数目，代表一个纯色的小方形。小方形拼成的图像有点类似精致的马赛克，如图1-7展示了像素组成的画面。



马赛克组成的数字影像

□1-7

一个彩色图像包括几个通道，每个通道都是一个单独的单色图像。如图1-8，每个RGB图像都有R、G、B三个灰色通道。视频彩色图像有红、绿、蓝通道，把它们混合起来就形成了全彩色的RGB图像，每个通道都是灰色的。如图1-9，灰色的通道合成为彩色的影像。将彩色的度信息分别编码，

□1-7

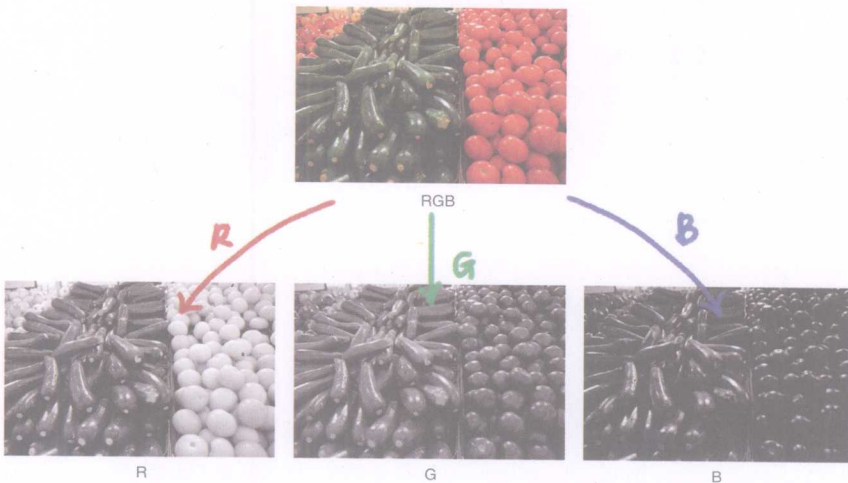
图7展示了像素组成的画面。

□1-8

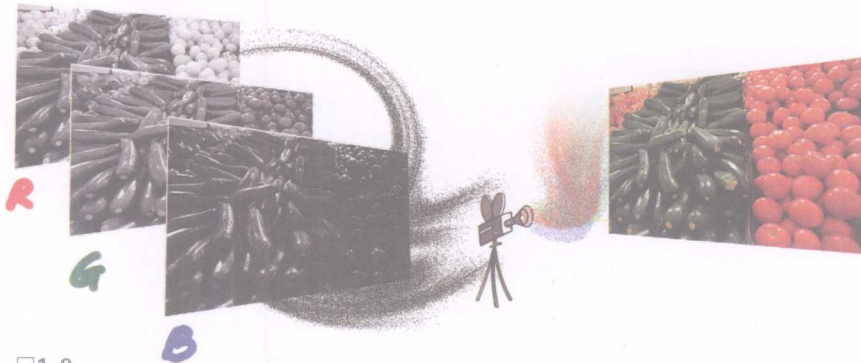
每个RGB图像都有R、G、B三个灰色通道。

□1-9

灰色的通道合成为彩色的影像。



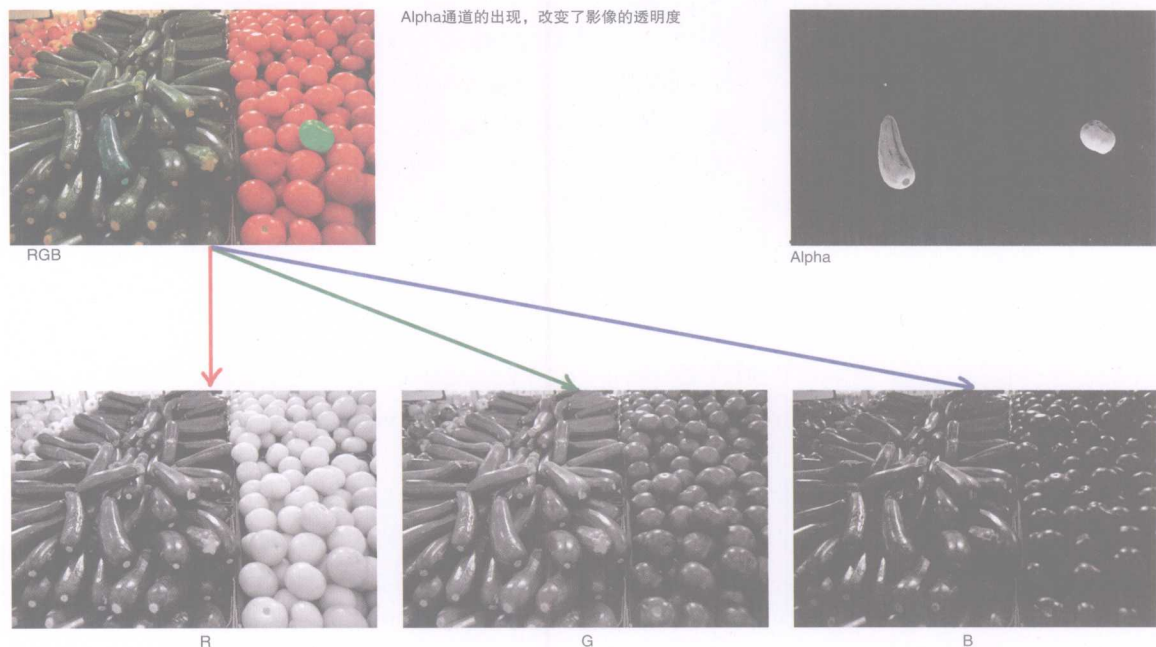
□1-8



□1-9

图像中的每个像素就有了某种程度的透明度，最常用的就是利用Alpha通道来定义其透明度。如图1-10，为画面中的一只苹果和黄瓜设定了Alpha通道，我们就可以单独改变它们的色彩，对局部进行控制。

数字化与模拟化的手段相比，操作与分析起来更简单，它能够以非线性的形式重放，只要做简单的算术就可以影响其原始数据，影像可以轻而易举改头换面。我们要在后期中处理的视频也许是模拟信号的或是数字的，如今不管是什么形式，它们都需要转换为数字影像，然后在工作站中合成。



□1-10

□1-10

为画面中的一只苹果和黄瓜设定了Alpha通道，我们就可以单独改变它们的色彩，对局部进行控制。

2. 数字图像的压缩

伴随数字图像的主要问题之一就是文件太大，一个简单的光栅图像文件大小可以粗略计算为：像素数目×通道数目×每通道比特深度×层数；由这个公式我们就可以发现视频文件的数据量是巨大的。要减少数字文件的大小最常用的就是采用压缩的方式，而压缩主要有以下两种途径：

一、无损压缩。这种方法只是简单地将存储数据按照更有效的方式重新排列。这样平均起来可以将文件大小减半，对图像质量没有影响，压缩的程度取决于影像的内容。无损压缩的文件，在解压后和原文件完全一样。

二、有损压缩。这种方法将丢弃某些数据来优化文件大小。有损压缩顾名思义会损失图像质量，具体操作时采用哪种压缩方式，还是需要根据你对影片质量的要求、数据量控制的范围来决定。

3. 数字视频的格式

如今，表现数字图像的文件格式几乎有上百种之多。文件格式根据通道数量和层数、比特深度和色彩空间等情况而改变。视频中的每一帧都可以作为单独的文件存储，通常大的文件可能包含更多的像素，也有更多的细节，图像质量也越高，但是成本也越高。这样就需要更多的存储空间以及额外的处理和传输时间，最终采用何种格式往往是时间和质量之间权衡的结果。

4. 数字视频的色彩

为了利用人眼对色彩的敏感性，RGB影像在视频中转换为另一种模式——YUV。YUV仍然有三个通道，但是它代替了之前的每个通道。“Y”通道代表亮度，所有色彩信息都以复杂的算法混合在“U”和“V”通道中，其中“U”通道保存了橙色—青色的色相和饱和度信息，“V”通道保存黄色—绿色—紫色的色相和饱和度信息。

这样，视频信号转换为一个亮度通道和两个色度通道的压缩数据。人眼对于亮度最为敏感，对于影像的色彩却没有那么敏感，因此，亮度以最大的分辨率数字化，而色度则以一半的分辨率数字化，数位化这三个通道就得出它们之间的比例4:2:2。不过，这样的采样方式对于色键处理并无益处，例如，抠蓝幕时，遮罩会出现严重的锯齿状。当YUV影像转换为RGB时，每个像素都从YUV三个通道中接受某些细节，但是这样的细节是通过算法得到的，转换的过程肯定要丢失一些信息，效果不如直接从原始影像数位化得来的好。所以用电影摄影机拍摄的画面被还原为24位RGB的，再次转换为电视视频时，它所包含的信息超过4:2:2的YUV转换为RGB的版本，即使它们的分辨率相同，大小也相同。所以如果你把影片以4:4:4数位化采样，在抠像时你会发现遮罩的质量明显提升，因为4:4:4的YUV，U、V通道和Y通道一样，都是以最大分辨率扫描。关于抠像我们会在以后的章节详细探讨。

3 影视后期合成特效艺术的发展历程

银幕上的特效像女巫的戏法一样神奇，在女巫的魔法口袋中有改变时间和空间的法宝，电影正是利用这些法宝将几天或是几年、几十年中发生的故事压缩到两个小时中。电影通过基本的剪辑压缩了时空，而特效进一步把这种时空的错觉强化为现实，但是并不一定要花高昂的代价才能娱乐观众，甚至在默片时代，就出现了特效。后期合成特效的目的就是让观众看到并且相信那些摄影机上无法拍摄的内容。

影视特效几乎是伴随电影的诞生而出现的。早在卢米埃尔（Lumière）