

Media
TECHNOLOGY
传媒典藏

f Focal Press
Taylor & Francis Group

音视频压缩实用手册 (第2版)

如何使用最优方式进行音视频压缩

Compression for Great Video and Audio

[美] Ben Waggoner 著 李志坚 译

1

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

音视频压缩实用手册 (第2版)

如何使用最优方式进行音视频压缩

Compression for Great Video and Audio

[美] Ben Waggoner 著 李志坚 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

音视频压缩实用手册：如何使用最优方式进行音视频压缩 / (美) 瓦戈纳 (Waggoner, B.) 著；李志坚译
— 2版. — 北京：人民邮电出版社，2013.7
ISBN 978-7-115-31549-6

I. ①音… II. ①瓦… ②李… III. ①音频压缩—手册②视频压缩—手册 IV. ①TN912-62②TN941.1-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第068524号

版 权 声 明

Compression for Great Video and Audio: Master Tips and Common Sense, 2nd Edition by Ben Waggoner.
ISBN 978-0-240-81213-7

Copyright© 2010 by Focal Press.

Authorized translation from English language edition published by Focal Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved. 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, Focal 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

POSTS & TELECOM PRESS is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书简体中文版授权由人民邮电出版社独家出版, 仅限于中国大陆境内销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书中的任何部分。

本书封底贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

-
- ◆ 著 [美] Ben Waggoner
 - 译 李志坚
 - 责任编辑 宁茜
 - 责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天宇星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
印张: 35
字数: 823千字 2013年7月第1版
印数: 1-2500册 2013年7月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2010-6524 号

定价: 125.00 元

读者服务热线: (010)67132837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内容提要

通过阅读本书，可以学习如何对视频和音频进行压缩，用最容易的方法获得最佳的质量。著名专家 Ben Waggoner 教你如何提高内容的最终质量，开发高效的工作流程。本书能帮助你理解视觉和听觉的基本概念，并在压缩环境中应用这些知识。无论你面对的是网络、DVD、蓝光、手机还是其他平台，这些实用知识都可用来创建、编辑和压缩质量最好的视频和音频。

书中包含清晰的例子，告诉你在实际项目中如何进行最佳选择。同时涵盖 Mac 和 Windows 产品，完整呈现当今的压缩技术：涉及各种不同的工具、编解码器，以及各种不同的发送格式，聚集于如何为特定项目、播放器和资源进行正确设置。

本书作者 Ben Waggoner 联合创办了开拓性的数字媒体服务公司——Journeyman Digital 公司，推出了 Terran 互动公司的咨询服务部，并且曾是 Interframe Media 的负责人。Ben 于 2005 年加入了微软公司，现在主要担任微软 Silverlight 平台的视频战略师。

译者简介

李志坚，博士，现执教于杭州电子科技大学数字媒体与艺术设计学院，已出版个人专著《中国电视公共服务的传输体系研究》和译著《视频制作手册（第4版）》、《视频技术内幕（第2版）——从模拟到高清》。研究领域为数字媒体技术与产业政策、媒介经济 and 新媒体伦理。

电子邮箱：zhijian2000@gmail.com。

序

1989年的秋天，我正在参加马萨诸塞大学阿姆赫斯特分校（我就读的是罕布什尔学院，五大学院联盟¹中的另一所学院）的计算机动画课程。我们使用像 Paracomp Swivel 3D 这种已经消失的软件工具制作和机器人有关的视频。这在 After Effects 出现之前已经很好了，同样，我们采用 Macromind Director 1.0 作为非常基本的合成软件。我们需要很快地在我们的 20MHz 的 Macintosh IIcx 计算机上预览动画同步。我开始用一个叫作 Director Accelerator 的应用程序进行试验，这个程序把导演项目的所有的层合成在一起，并且用行程编码（RLE）压缩最终的帧，行程编码是一种非常早期的压缩形式。让我感到惊奇的是，最后的文件如何变得比原始文件更小。因此我也开始寻思摆弄如何优化 RLE，然后就忘记了动画和机器人。

我的课程得了一个 D，助教们和其他一些学生继续制作 Infini-D，一种用于桌面计算机的开创性的 3D 应用程序。Infini-D 现在以 DAZ 公司 Carrara 软件的名称继续存在着。至于我，从那以后再也没有做过动画，除了在压缩东西没意思的时候“织补”一下。

有意思的是我已经以此为生了，尽管如此，我还是花了点时间才意识到这是我的命运。离开学校之后，我和我的朋友用了一年时间，编剧制作了一部惊悚搞笑的迷你连续剧。我写了一出很长的戏，这场戏完全依赖于 Apple Compact Video²（后来叫作 CinePak）的压缩比。我确定这场戏很好笑！但我的合作者从来都不太相信，观众会喜欢写了三页纸的影射每秒钟千比特的玩笑。

接下来，1994 年我与别人合开了一间视频后期制作公司——Journeyman Digital 公司。我们开始尝试成为一个标准的非线性公司，我们使用一台装了 Radius 公司 VideoVision Studio 采集卡的 PowerMac 8100/80 计算机，还有一个庞大的 4GB 硬盘阵列（5 000 美元买硬盘，另外 1 000 美元买控制卡）。但是，由于那一代 Mac 主板的问题，我们采集的视频超过 90 秒就不能同步，这使整个系统不是一个好的视频编辑器，而是一个影响行进的船锚。

后来有一天，有人打电话给我们，问我们是否可以制作用于 CD-ROM 的视频。他们打算为此付钱，所以我们说“行！”然后开始行动，想搞清楚他们到底要什么。结果反过来了，VideoVision 用于短的 CD-ROM 视频片段非常好，虽然它的同步从来都不好。

我们使用 Adobe 公司的 Premiere 3.0 软件和苹果公司的 MovieShop 软件进行压缩。编码器的

1 五大学院联盟（The Five Colleges）是美国马萨诸塞州西部的四所学院和马萨诸塞大学阿姆赫斯特分校组成的大学联盟，是美国最有名的大学联盟之一，各校学生可在联盟学校中选修课程。译者注。

2 一种编码软件。译者注。

选择是 Cinepak 和 Indeo 3.2，音频是 8-bit 无压缩。用于典型的 240×180 15f/s 影片的数据率约为 120 kB/s，超过了足够现在的全屏网络视频使用的数据率。我们的目标是每分钟输出使用 80 分钟的编码时间，所以这真够“伺候”的。

同样，作为早期的技术，它引起了一些有趣的事情。今天，计算机能够播放视频是必然的事情，所以很难传达看到那些最早的邮票大小的视频在屏幕上的小方框里播放时的兴奋心情。但它是互动的！我们真的把视频添加到程序里了。我们做了各种各样的销售培训光碟、工作室项目、百科全书项目，还有为了好玩和赚钱的多媒体培训项目。

在 20 世纪 90 年代后期，网络上的视频风靡一时。更好、更快、更便宜的 CPU 和互联网连接以及新的网络技术，终于能传送看上去比 Pixel Soup 好一些的网络视频。未来看上去前景光明。新公司像蒲公英一样迅速成长——每个人都想从无处不在的宽带连接所提供的机会中赚一把。Akamai 公司、Digital Island 公司和其他许多公司建立了内容分发网络，从首次公开发行股票中赚了数十亿美元。

在那些令人沸腾的日子里，我在波特兰创意大会上遇到了我未来的妻子——Sacha。我们第一次遇见时，我并不知道她做数字视频比我做的时间还长 6 个月，只当是一个用低劣粗糙的 SuperMac VideoSpigot 采集卡赚钱的人。

1999 年我加入了 TerranInteractive 公司，它是 Media Cleaner Pro（那时最主要的专业视频压缩应用程序）最初的开发者。我启动并运营 Terran 公司的咨询部门。我的工作是收取服务费，协助市场营销和产品开发。2001 年互联网泡沫破裂，Media 100 公司收购了 Terran，我和大多数 Terran 的员工都被解雇了。

大约在这个时候，我们有了我们的第一个孩子，所以确实想要待在波特兰离家近一些。当地的媒体公司正在减小规模，所以我妻子和我打出了我们自己的招牌，名为 Interfram Media 的媒体咨询和服务公司。那是一段果实累累的时期，我们的业务焦点从压缩服务扩展到压缩工具，并且我为许多不同的产品的设计提供咨询，这些产品包括 Windows 媒体编码器、Adobe 媒体编码器、Telestream 的 Episode Pro、Canopus ProCoder、Rhozet Carbon Coder 和 Sorenson Squeeze¹。

尽管 2001 年的事情好像很可怕，有许多公司倒闭了，但是那么多的钱流入这个行业一定有一个理由。在互联网上传送压缩后的视频将来会变得非常重要。尽管有些投资者投入太多也太早，但这些努力为今天的产业打下了基础，也带来一个重要的变化——一些赚钱的生意！

Interframe Media 公司稳定增长了 5 年，我们也一直想弄清楚我们是否真的需要雇佣一些人接手我们正要放弃的大项目。到了 2005 年的夏天，HD DVD 和蓝光 Blu-ray 之间的战争²和我们的第三个孩子的出现，让我们意识到在家庭和事业之间，我们只是没有足够的时间承担下来。

那年秋天，微软、亚马逊和谷歌都想聘请我加入它们的各种数字视频研究计划。这 3 个机

1 这些产品均为编码软件。译者注。

2 HD DVD 和蓝光 Blue-ray 分别是东芝和索尼为首研发的高清影碟格式，二者历经 3 年的争夺，最后索尼的蓝光光盘胜出，东芝放弃了 HD DVD 的研发和生产。译者注。

会都让我激动和心动，但最终我选择了微软，这让那些知道我是 20 年苹果 Mac 用户的人大吃一惊。不过微软已经长期位于数字媒体的中心，并且它发布的 Windows Media 9 系列是第一个范围涵盖手机到高清的真正完整的媒体传送技术。为 HD DVD 和编码器团队的工作结束之后，我提升为微软 Silverlight 的媒介战略师，为发行视频内容的整个端到端生态环境工作。事情以它自己的方式使这本书的第 2 版成为可能——格式之战结束了。Silverlight 联合了 Flash、QuickTime，而微软的 Windows 操作系统有广泛的格式支持，包括 H.264 在内。如何压缩以及用什么编解码器压缩不像过去那样和在哪里回放有紧密的关系。

自从那些压缩后的视频帧第一次踉跄着走上显像管屏幕，20 年来压缩领域获得了爆炸式的增长。随着美国在 2009 年关闭模拟电视，我们正在目睹不是数字化压缩的视频的终结。压缩几乎是我们看到或听到的一切的无可争辩的事实，无论它是通过 MP3、DVD、高清广播、商场的书报摊、电话里的视频片段、电话里的声音有线视频点播……还可以继续罗列下去。此外，虽然我们曾经幻想着在网络上实现“VHS 质量”，但现在传送看起来和无线和有线电视一样好的高清视频也成为平常的事情。

完成这本书花了很长的时间。我写下第 1 版提纲的时间要回到 1998 年，那时正流行 CD-ROM 视频，而我们知道的网络视频是发生在“将来某天”的事。当这本书最终在 2002 年出版的时候（因一场婚礼和两个孩子耽搁），书的总体目标没有改变一个比特，尽管“将来某天”已经变成了当天。这本书全部是关于如何在多种可用的传送平台上制作一个压缩良好的视频。

书出版之后，我马上有了写作第 2 版的宏大计划，然而在事业、家庭和工作之间，这个计划总像是我更愿“在几个月内”开始的事情。但是，和生活中的多数大事一样，当你认识到永远也不会有一个完美的时间，也许那就是无论如何开始去做的正确的时间。最终，我被那些一直阅读、讨论甚至购买这本 5 年前老书的读者所打动。我亏欠他们一本关于当今压缩领域的新版本。

现在真的是一个新的世界。第 1 版涵盖了许多不同的编码器和几乎所有的媒介格式和平台。我们已经目睹了最近的大融合，MPEG-2、VC-1 和 H.264 的标准化编码器统治了大多数新内容和播放器。今天作为一名压缩专家需要考虑得更深，但我们并不必像过去要求的那样使用和掌握无数变化着的工具和技术。相反，我们正在看到可以回放内容的地方有非常多的变化；本书第 1 版主要关于在 Mac 机或 Windows PC 上用特定媒体播放器或浏览器窗口回放的内容。但是，如今可用的设备和服务更多、更复杂，与此同时“任何内容、任何地方、任何时间”则是唯一不断增加的需求。

本书的读者

这本书是写给压缩专家、想要成为压缩专家，以及有时需要假装是压缩专家的人。你们中的多数人会来自视频世界或网络。视频人士会高兴地注意到书里的内容并不像第一眼看到时那样另类。制作良好视频的核心技巧在处理压缩时同样重要，尽管压缩增加了许多新的变化和缩略词。网络人士会发现视频世界的可怕——它被有 20 多年经验，并且满嘴行话的人占据了。还

有许多人只是需要压缩一些视频，快一些，他们来自完全不同的领域。

这都没有关系。这本书目的是帮助你到达你需要去的地方，不管你是从哪里来。最后，我已经尝试在行话出现的时候给出定义和解释，并且小心地从第一原则引入了概念。

本书的结构

本书由 3 个主要部分组成。第 1 部分（第 1 章到第 3 章）涵盖了视觉、压缩以及视频压缩如何操作的普遍原理。尽管对有经验的人士而言其中的相当部分内容太老了，但是其中应当有一些东西是每个人都感兴趣的。即使你第一次看这本书是匆匆浏览，当你熟练掌握之后回过头来更仔细地阅读也是个好主意。我已经试着让它有可读性——没有超过基本代数的数学，并且我也尽量完善细节，使大家更好地理解。因为这大部分是“常青树”般的内容，所以第 1 版的读者会觉得有些熟悉（并且有些新读者也会有如此感觉）。

第 2 部分（第 4 章到第 8 章）涵盖了视频技术基础和压缩工作流程的非编码器部分，包括压缩友好的制作技术、视频采集和预处理。

第 3 部分（第 9 章到第 28 章）涵盖了专门的视频工具和技术。每一章自成一体，所以你可以直接跳到你关心的内容。我包含了许多特定场景的学习指南，描述了如何解决常见问题以及如何通过事先筹划和试验完成新项目。

压缩时间的变化，快到足以给你长期反复的鞭打。考虑到本书的范围，我一直在更新内容以便跟上新工具和新技术。但是我们必须某个点停下来。即使这本书是落后于目前发布的某种东西的版本，但是我试图尽量解释为什么以及如何这样，以便使技巧和心理路径可以应用于未来的版本以及整个新工具。

查看 <http://www.benwaggoner.com/bookupdates.html> 和 <http://www.cmpbooks.com/compression> 了解更新、更正和其他资源。

第 1 版致谢

写这样一本书需要大量的工作。Dominic Milano 所付出的努力高于且超出了一名技术编辑的职责，保证了这本书可读、相关和准确。Jim Feeley 编辑了许多关于 DV 的文章，后来合并到这里并不断教导我如何清晰表述复杂的技术想法。这本书的长长的过程提供了许多机会来验证来自 CMP 图书公司的 Dorothy Cox、Paul Temme 和 Michelle O'Neal 的耐心、才干和幽默。

我在这本书里说的内容是许多人教给我的。Terran Interactive 公司的创始人 Darren Giles，Dana LoPiccolo-Giles，还有 John Geyer 解答了我提的许多愚蠢的问题，直到我懂的内容足够让我提一些更聪明的问题。我通过深夜的电子邮件，从他们那里学到了许多和压缩有关的东西。

在孕育这本书的过程中，我的妻子 Sacha 孕育了 Alexander 和 Aurora，比我做的事情要难得多！我希望把更多的时间花在他们身上，而不是在地下室打字。

当我不太知道我在做什么到知道我不会做什么时，我的家庭帮助我开始了一份事业。在过去这几年，我确信他们闭嘴不言要多过开口说话。我希望，他们现在能够放轻松了。

最后，如果没有 Halstead York，那什么也不会发生。多年来他一直说服我写剧本、做视频、开两间公司以及学习压缩。没有他那富有感染力的热情、远见和驱动，我可能还在写银行软件。

第 2 版致谢

Sacha , Alexander, Aurora, Charles

SteveSK , TimHa, AlexZam

Wei -ge Chen for DCT visualizer

Phil Garrett for Microsoft Viewer

前言：常见问题的快速指南

本书是一本实用的压缩指南。你们当中有许多人现在正在随意翻看这本书，想找到某个紧急问题的快速解决方案。以下便是一些答案。

我的老板要我把一些视频放到我们的网站上去。我从哪里开始？

简单地把视频放在网页上，嵌入 Flash(第 15 章)或 Silverlight(第 27 章)是目前最容易的方式。通常采用网络服务器传送短内容会比较好(见下一问题)。

把视频放在网上我需要一台流媒体服务器吗？

对较短的单一比特率的视频片段，通常不需要。只有长内容(超过 15 分钟)或者需要高质量的实时回放时，你需要一台流媒体服务器。

对较长的内容，或者以大范围连接速度传送最高的质量，可以采用 IIS 平滑流(Smooth Streaming)或者 Flash 的动态流(Dynamic Streaming)技术。

我的视频只要有运动内容时就会出现水平线

你的视频源是交织的，影像包含的偶数和奇数行出现的时间稍有不同，没有转换成正常的逐行格式。

- 见第 2 章第 22 页中对交织的描述。
- 见第 6 章第 98 页到 101 页中，如何解交织。

如果你在拍摄你自己的内容，你应该拍摄逐行的，而不是交织的。

我的 DVD 只要有运动内容时就总是闪烁

你的视频源是前面回答中所说的交织的视频。你在编码 DVD 时使用了错误的场序，所以原来应该显示第一场，现在显示的是第二场。

第 9 章的第 156 页中讨论了这个问题。

我的视频看上去很糟糕，像打了马赛克

你可能正经受下列的一个或多个问题：

- 太大的帧尺寸（见第 6 章的 105 ~ 106 页）。
- 太小的数据率（见第 7 章 122 页）。
- 不是最优的编码设置（见你的格式或编码器对应的章节）。

我的视频都被拉长或压扁了

你的视频可能以 4:3 或者 16:9 的宽高比制作，然后用不同的宽高比编码。典型的解决方法是告诉你的压缩工具你的视频源的尺寸是什么，然后指定输出时的正确的帧尺寸。如何正确设置参见第 6 章 105 页。

我的视频里有烦人的黑条

你的视频有信箱状的横条（顶部和底部）或竖条（左边和右边）。这种情况要么输入和输出的宽高比不匹配，或者源视频中有黑条。

如果你的源视频没有黑条，参见前一问题，了解如何正确设置宽高比。

如果你的源视频有黑条，你需要在编码视频前将黑条裁去。

我的视频的顶部有烦人的闪烁线

这可能是“第 21 行”，它在模拟视频中指定用于封闭式字幕¹的视频空间。

我的声音太小了

你的音频可能太轻了。大多数的压缩工具有一个“正常化”滤镜，可提高音量太低的音频的音量，但不处理已经足够响亮的音频。参见第 6 章 117 ~ 118 页“正常化”。

我的音频听起来太糟了

你可能采用了过低的数据率。使用现在的编码器，好的音频并不会占用许多比特，所以即

1 封闭式字幕（closed captioning），这种字幕除了含有对白之外，还有场景的声音和配乐等信息，在国外这种类型的字幕主要是为听力有障碍或者无音条件下观看节目的观众所准备。译者注。

使你的视频质量受带宽限制，你的音频也应该完全不会太差。参见第 4 章 57 页，了解如何平衡视频和音频的比特率。

我可以在哪里存放我的视频？

有很多存放视频的方式：

- 如果你接入了网络服务器（如果你有一个网站的话），你可以把它用于渐进式下载媒体。
- 如果你不介意自己进行压缩或者在你的视频上有另一个商标，你可以使用 YouTube 或者 Soapbox 等提供的服务，它们可以上传文件、将文件压缩然后存放它们。
- 如果你的机构拥有某个内容分发网络（CDN）的账户，如 Akamai、Limelight、Level 3 或者 CDNetwork，可以使用它。
- 如果你没有大到需要接 CDN，但又要控制你的压缩和商标，那么有新的较低费用的服务，例如 Sorenson 360 公司，价格从 99 美元 / 月起。

我怎样才能让我的视频在压缩后的大小合适？

如果你要达到特定的文件大小，你只需要把整个视频和音频的数据率乘上视频片段的时长。但是，数据率通常用每秒钟千比特测量，而文件大小用兆字节测量。它们之间的计算方式如下：

$$\frac{\text{kbit/s} \times \text{时长的秒数 (s)}}{8\,000 \text{ kbit/MB}}$$

所以如果你有一个 30 min 长的 500 kbit/s 的视频，你会得到：

$$\frac{500 \text{ kbit/s} \times 30 \text{ min} \times 60 \text{ s/min}}{8\,000 \text{ kbit/MB}} = \frac{500 \times 30 \times 60}{8\,000} = \frac{900\,000}{8\,000} = 112.5 \text{ MB}$$

用户没有合适的播放器看我的内容

首先，弄清楚你的用户接入的是哪种播放器。如果视频会在网站上播放，大多数的服务商可以让你记录访问你的站点的浏览器安装的插件和版本。追踪访问者运行的操作系统的类型也有帮助。

可用哪种播放器取决于你的目标市场以及你如何传送你的视频。好的选择包括如下：

- Flash：第 15 章
- Silverlight：第 26 章
- 视窗媒体播放器（Windows Media Player，Windows 用户的系统预设）：第 16 章

- QuickTime（Mac 用户的系统预设）：第 28 章

我如何选择合适的视频格式？

合适的格式取决于你的目标播放器和它的版本。你可能需要满足一种以上的播放器，这意味着你可能需要压缩不止一种格式。

我的用户在播放时总是出现“缓冲”错误或暂停

当你的用户不能以你的视频编码时的数据率获得视频时会发生这种情况。对于一般的网络视频，你可能需要把数据率保持在 800 kbit/s 或者更低，如果所有的用户会分享一个单独的数据率的话。记住，数据率是基于视频和音频——要确保你不会不小心把音频比特率设得太高。适应性流媒体技术例如平滑流和动态流可以为此提供更好的体验，因为它们根据每个用户的连接速度定制传送比特率。

目 录

第 1 章 看与听	1
1.1 看	1
1.1.1 光是什么	1
1.1.2 眼睛在做什么	2
1.1.3 大脑如何看见	4
1.1.4 我们如何感知亮度	5
1.1.5 我们如何感知色彩	5
1.1.6 我们如何感知白色	6
1.1.7 我们如何感知空间	6
1.1.8 我们如何感知运动	7
1.2 听	8
1.2.1 声音是什么	8
1.2.2 声音如何起作用	10
1.2.3 我们听到什么	11
1.2.4 心理声学	12
1.2.5 小结	12
第 2 章 未压缩的视频和音频：采样和量化	13
2.1 采样和量化	13
2.1.1 空间采样	13
2.1.2 时间采样	13
2.1.3 声音采样	14
2.1.4 奈奎斯特频率	14
2.1.5 量化	16
2.1.6 曲线和超 8-bit	18
2.2 颜色空间	18
2.2.1 RGB	19
2.2.2 RGBA	20
2.2.3 Y'CbCr	20
2.2.4 CMYK 颜色空间	22
2.3 量化水平和比特深度	23

2.3.1	每通道 8-bit	23
2.3.2	1-bit (黑与白)	23
2.3.3	索引颜色	23
2.3.4	8-bit 灰阶	24
2.3.5	16-bit 颜色 (高色彩 / 数千色彩 / 555/565)	24
2.3.6	量化音频	27
2.4	量化误差	28
第 3 章	压缩的基本原理	31
3.1	压缩基础: 信息论简介	31
3.1.1	任何数字都能转化为比特	31
3.1.2	内容中的冗余越多, 就能被压缩得越多	31
3.1.3	编码效率越高, 输出的随机性越大	32
3.2	数据压缩	32
3.2.1	压缩良好的数据不能良好压缩	32
3.2.2	多用途的压缩不理想	33
3.2.3	压缩小增长需要压缩时间大增长	33
3.3	空间压缩基础	33
3.3.1	空间压缩方法	34
3.3.2	行程编码	34
3.3.3	采用 LZ77 和 LZW 的高级无损压缩	34
3.3.4	算术编码	35
3.3.5	离散余弦变换 (DCT)	35
3.3.6	色度编码与宏模块	43
3.3.7	完成帧	44
3.4	时间压缩	44
3.4.1	预测	45
3.4.2	运动估计	46
3.4.3	双向预测	46
3.5	速率控制	47
	超越 MPEG-1	47
3.6	感知优化	48
3.7	其他的变换	48
3.7.1	小波压缩	48
3.7.2	分形压缩	49
3.8	音频压缩	51
3.8.1	子带压缩	51
3.8.2	音频速率控制	51

第 4 章 数字视频工作流程	53
4.1 计划	53
4.1.1 内容	53
4.1.2 传播目标	53
4.1.3 受众	54
4.1.4 中庸之道	55
4.2 制作	55
4.3 后期制作	56
4.4 采集	56
4.5 预处理	56
4.6 压缩	57
4.7 传送	57
第 5 章 制作、采集和后期制作	59
5.1 导语	59
5.2 播放标准	59
5.2.1 NTSC	60
5.2.2 PAL	60
5.2.3 SECAM	61
5.2.4 ATSC	61
5.2.5 DVB	61
5.3 预制作	61
5.4 制作	62
制作技巧	62
5.5 挑选制作格式	66
制作格式的类型	66
5.6 采集	73
5.6.1 视频连接	73
5.6.2 音频连接	77
5.7 帧尺寸和帧率	78
5.7.1 采集模拟标清	79
5.7.2 采集分量模拟	79
5.7.3 采集数字	80
5.7.4 采集屏幕	80
5.7.5 采集编解码器	83
5.8 用于采集的数据率	84
硬盘速度	84