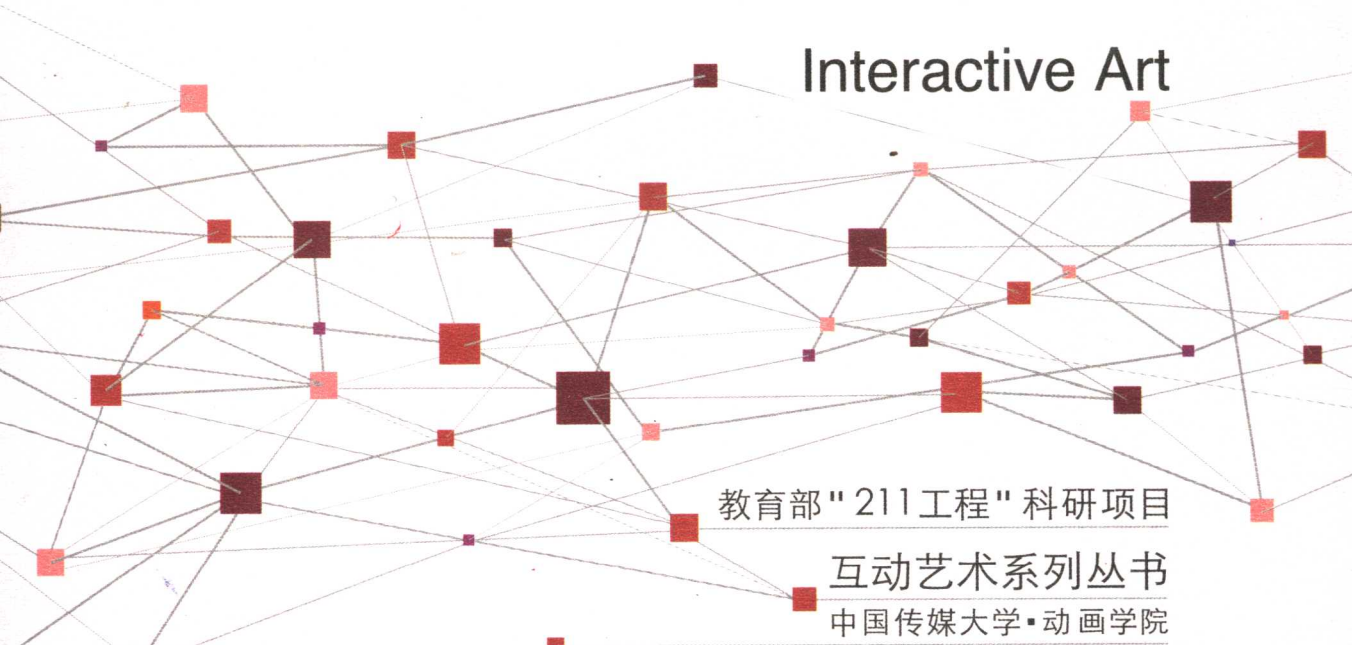




Interactive Art

教育部"211工程"科研项目

互动艺术系列丛书

中国传媒大学·动画学院

全国艺术院校本科辅助教材·研究生专业考试参考书目

丛书主编: 廖祥忠

丛书副主编: 贾秀清

动态影像与宽带流媒体应用

李海燕 丛培岩 著

中国传媒大学“211工程”项目资助
互动艺术系列丛书



动态影像与宽带流媒体应用

李海燕 丛培岩 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

动态影像与宽带流媒体应用 / 李海燕, 丛培岩编著.

北京: 中国轻工业出版社, 2007.1

(互动艺术系列丛书)

中国传媒大学“211工程”项目资助

ISBN 7-5019-5667-7

I. 动... II. ①李...②丛... III. ①图像处理—数字技术 ②计算机网络—多媒体技术 IV. ①TN911.73
②TP37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 123283 号

责任编辑: 沈 强 戚 雪

策划编辑: 沈 强 责任终审: 劳国强 封面设计: 李颜妮

版式设计: 李颜妮 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 天津市蓟县宏图印务有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 11

字 数: 200 千字

书 号: ISBN 7-5019-5667-7/J·261 定价: 24.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010-65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010-85119817 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换

60484J4X101ZBW

互动艺术系列丛书

■ 互动艺术创新思维

白雪竹 李颜妮 著

■ 互动广告创意与设计

刘文沛 应宜伦 著

■ 互动网页设计与易用度

邹惠琴 傲蕾 谭开界 著

■ 动态影像与宽带流媒体应用

李海燕 丛培岩 著

■ 数字时代的交互电视

谭朝晖 付龙 著

■ 互动传播的思维

赵莉 钱维多 崔敬 著

■ 互动艺术新视听

权英卓 王迟 著

互动艺术系列丛书



互动艺术系列丛书

编 委 会

- 主 任：苏志武
- 副 主 任：高福安 吕学武 车 晴
- 主 编：廖祥忠
- 副 主 编：贾秀清
- 执行主编：白雪竹



序

“数字艺术”的诞生和飞速发展是一件令世人瞩目的新鲜事。就其影响来说,随着数字艺术产品越来越多地出现在我们的日常生活中,它那特有的品质给我们的生活方式、思维方式、价值观念和审美趣味等带来了深远的影响。就其性质而言,因为它“新鲜”,是新生事物,所以,它充满了朝气和活力,有着光明的发展前景;也正因为它“新鲜”,是新生事物,所以,它的发展又充满了困难和挑战。这就需要我们共同关心和努力,以便为我国数字艺术的健康发展营造一个良好的生存空间。在这种意义上,作为教育工作者和科研工作者,我们就应该敏锐地观察和把握数字艺术的现状和走向,并立足于丰富多样的实践,及时地总结其艺术生产的经验,归纳其艺术发展的规律,为进一步的生产实践提供人才上的支持和理论上的指导。

作为文化产业中的“朝阳”部分,数字艺术产业越来越受到人们的高度重视。近些年来,在国家文化产业政策的大力扶持和相关业界人士的共同努力下,我国的数字艺术产业获得了长足的进展,并呈现出良好的发展势头。然而,发展与困难同在,机遇与挑战并存。尤其是与欧美、日韩等国家相比,我国的数字艺术产业还相对滞后。比如,2004年,全球数字内容产业的总产值达2228亿美元,其衍生产品的总产值还高达5000亿美元,而我国数字内容产业的主体——动漫产业的总产值却仅有117亿元人民币。再比如,在中国青少年最喜爱的动漫作品中,日本生产的作品占60%、欧美占29%,而中国原创动画(包括港台地区)只占11%。至于作为数字艺术的集约形态——“数字大片”,则更是北美影业独占鳌头,我国至今还处在生产发展的初级阶段……这种情形显然与一个数字艺术的消费大国是不相称的。

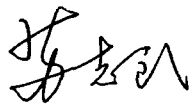
在当今的全球化语境中,面对数字艺术产业的方兴未艾和它广阔的市场前景,产业发展的需要使建设完善的数字艺术教育体系和理论体系成为了一项紧迫而极富意义的工作,在我国数字艺术生产的实践中,一方面,数字艺术深入文化市场,并取得了有目共睹的业绩;另一方面,数字艺术产业的可持续发展又急需人才和智力、理论指导和实际运用上的快速跟进。于是,为推动我国数字艺术产业的健康发展和良性循环,2002年,经教育部批准,中国传媒大学正式开办了国内第一个“数字媒体艺术”高等教育专业,并逐步形成了本、硕、

博多层次的培养体系。迄今为止,全国开办与数字艺术相关专业的高等院校已有近两百所。其次,各种性质的艺术节和评奖也纷纷将数字艺术的展示和探讨纳入其活动项目和议程。尤其是,随着文化创意产业的持续升温,我国政府在全国确定了北京、上海、广州和成都四个文化创意产业基地,并把文化创意产业推向了社会经济发展的前沿。在这种意义上,“数字艺术研究系列”和“互动艺术设计研究系列”两套丛书的出版可谓恰逢其时。

这两套丛书是“十五”期间“211工程”科研项目“数字艺术研究”和“互动艺术设计研究”的最终成果。其中,“数字艺术研究系列”分为“数字艺术基础理论”、“数字艺术创意理论”,“数字艺术与技术应用理论”,“数字艺术设计理论”四个单元;“互动艺术设计研究系列”分为“互动艺术设计基础”、“互动艺术创作”两个单元。在研究的整体框架和理论线条上,丛书力图体现艺术与技术相融通、理论与实践相结合的原则;在研究的范畴和具体方法上,丛书力图符合数字艺术跨媒介发展、多媒体融合的实质和趋向;在研究的视野和具体内容上,丛书力图全方位地包含在数字技术平台上所发生的媒体艺术变革和媒体艺术新构,以及相关的新经验、新知识、新观念和新形式。此外,在科研队伍上,丛书的撰写人员有着跨学科、跨专业的学术背景,其学科和专业涵盖了数字技术、艺术设计、广告艺术设计、影视艺术创作、计算机技术等诸多领域。唯其如此,科研人员就可以从不同的角度切入课题,并使各个子项目之间和相关命题之间相互支撑、相互联系,进而形成一个有机统一的整体。现在看来,丛书两个大项目中的18个子项目基本上实现了总体系统搭建的全面性、有机性和科学性。在为数字艺术学科及相关专业提供应有的理论基础和为数字艺术的生产实践提供适用的操作方法方面,丛书有其开拓和创新的品质,也能给予读者以理论和应用上的助益。当然,任何科研成果的分量和质量,最终还得交由读者来判定,交由生产实践来检验。由于主观或客观的诸多限制,丛书难免会有诸多存疑之处。对此,我们期望和有志于数字艺术教育、创作及运营的专家、学者、同仁、读者一道,相互切磋、相互探讨,以便共同促进我国数字艺术的发展和繁荣。

中国是一个有着悠久艺术传统和丰厚艺术土壤的大国,把握新技术、攀登新的艺术发展制高点,使中国艺术在全球视野中展现时代的风貌、民族的气派,不仅是艺术实践领域应有的奋斗目标,也是艺术人才培养领域的责任,更是大学的使命。在这里,我校数字艺术教育工作者谨以此系列丛书的出版,一则以明心迹,一则以为求索。

是为序。



2006年2月

(注:为本书作序者系中国传媒大学校长、教授)

前 言

当今, Internet这张大网已经紧紧地地球罩在了其中, 而且深深地影响和改变着人们的工作、学习、娱乐和生活。相比早期的 Internet 应用模式, 今天的网络信息的资源组合和传达方式已经非常丰富灵活。随着因特网的用户数量激增, 网络的应用也越来越丰富多彩, 网络上传递的信息种类越来越多, 从最初的文字信息发展到目前的文字、图像、声音、动画、视频等各种多媒体信息。通过 Web 的方式, 人们可以把各种各样的多媒体文件内容都放到网站中。

近年来, 随着视频压缩技术和宽带网络的发展, 特别是宽带接入技术的发展, 使得实时传输高质量的视音频信息数据成为可能, 同时随着 Internet 用户的要求的不断提高, “流媒体”这个概念正成为网络应用领域关注的一个焦点, 流媒体技术成为最有活力的发展方向, 在线直播、IPTV 等宽带流媒体的典型应用在 Internet 的流量中的比例也在以指数速度增长。

流媒体技术的实现涉及很多相关技术, 比如计算机网络通信技术、视音频压缩编码技术、服务器和客户端软件平台、流媒体资源的发布等。本书以理论与实践相结合为原则, 在讲述动态影像的原理、特点、相关参数的基础上, 系统深入地探讨了宽带流媒体的基本原理、关键技术和典型应用。全书共分七章, 内容如下:

第一章 数字视频基础

第二章 图像压缩的基本算法

第三章 适于流式应用的视频编码标准

第四章 流媒体技术概述

第五章 多媒体通信网络

第六章 流媒体系统

第七章 宽带流媒体应用

第一章为流媒体的主要传输内容——动态影像的基础理论部分, 以电视为主, 讨论视频的基本原理、视频信号的数字化过程及相关参数; 第二、第三章为流媒体视频压缩技术部分, 在介绍图像压缩主要方法的基础上, 重点讲述适于流式传输的视频编码标准的关键和核心技术, 包括 MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 和 H.264 标准; 第四、第五章为流媒体技术基础部分, 对流媒体的特点、原理、传输网络的相应协议、解决方案进行了系统的讲述; 第六、第七章为流媒体应用部分, 详尽地探讨、分析了主要流媒体软件系统的构成、关键技术和宽带流媒体的典型应用。

考虑到更多层次读者的需求, 全书内容力求语言通俗易懂, 知识系统, 内容实例充足,

不仅适合初中级用户，同时作为高级用户的流媒体参考书籍，也可作为研究网络多媒体技术、数字媒体技术、流媒体技术等学科的工作者，包括研究人员、教师、研究生、大学本科学生的教材或参考书。

由于流媒体技术尚处于快速发展的阶段，许多观念、理论、技术也在不断地更新，作者对此仍在关注。限于作者的水平有限，书中的疏漏之处，恳请读者给予批评指正。

本书编写过程中得到所在单位领导、同事和研究生的大力支持，感谢苏志武教授、高福安教授、吕学武教授、车晴教授、廖祥忠教授几位领导在本书内容选择及写作重点上给予的指导和帮助，感谢贾秀清、白雪竹、付龙、孙国玉、周一楠、王利敏几位老师给予的支持和鼓励。还要感谢我的学生，弓盈、郭妍、李婧婧、段燕、吴昊几位同学为本书所做的工作，尤其要感谢张琦同学，她对本书四至六章的编辑整理做了很多工作，在此表示衷心的感谢。

作者：李海燕 丛培岩

2006. 3

目 录

■ 第一章	数字视频基础	1
第一节	电视传像的基本原理	1
第二节	彩色电视的三基色原理	6
第三节	彩色电视信号	9
第四节	彩色电视制式	13
第五节	视频信号的数字化	15
■ 第二章	图像压缩的基本算法	23
第一节	图像压缩的必要性和可能性	23
第二节	霍夫曼编码	26
第三节	算术编码	28
第四节	行程编码	29
第五节	变换编码	30
第六节	预测编码	35
■ 第三章	适于流式应用的视频编码标准	39
第一节	MPEG-1 标准	39
第二节	MPEG-2 标准	45
第三节	MPEG-4 标准	50
第四节	H.264 标准	55
第四章	流媒体技术概述	61
第一节	流媒体技术基础	61
第二节	流媒体的传输	74

第五章	多媒体通信网络	81
第一节	计算机网络体系结构与网络协议	81
第二节	IP 协议	90
第三节	TCP/UDP 协议	100
第六章	流媒体系统	105
第一节	RealNetworks 公司的 Real System	107
第二节	Microsoft 公司的 Windows Media	127
第七章	宽带流媒体应用	141
第一节	流媒体应用概述	141
第二节	网络视频多点交互直播	142
第三节	IPTV	147
第四节	P2P 流媒体	159
第五节	手机电视	162
参考资料		165

第一章 数字视频基础

流媒体就是指在 Internet/Intranet 中使用流式传输技术传输的连续时基媒体,例如音频、视频或多媒体文件等。其中视频是数据量最大,对传输性能要求最高,也是最受关注的焦点之一。

视频,对应的英文 Video,意为 moving image。由此可见,与静止图像不同,它指的是动态的影像,我们通常所说的电视和电影都属于这个范畴。那么,电视和电影是如何把人眼所看到的连续视觉信息记录和再现出来的呢?为了给后续章节对影像传输的理解打下一个良好的基础,这一章我们主要以电视为主讨论视频的基本原理、视频信号的数字化过程及相关参数。

第一节 电视传像的基本原理

电视是通过通信线路,将现场或记录的活动景物(带伴音)根据人眼视觉特性以一定的信号形式传送至异地,并即时以图像形式重现的技术。电视传像的基本过程是:在发送端,电视摄像机通过光-电转换器件将景物内容的亮度 B 和色度 C (包括色调 λ 和饱和度 s) 信息按一定的规律转变成相应的电信号,做适当的处理后通过一定的介质传输出去;在接收端,用电视接收机将接收到的电信号经显像设备的电-光转换作用按对应的空间分布规律重现成图像,逼真地再现原景物。

一、电视图像的分解与传送

摄像机所拍摄的景物存在于空间,具有 x 、 y 、 z 三维空间坐标,但我们目前实际采用的是平面彩色电视,即只传输景物的二维光学信息,重现的是彩色平面图像,这样表示景物深度的 z 坐标就消失了。为了将二维的图像信息有效地转换为电信号,首先须将景物分解成许许多多小点,即电视系统分解和综合图像的最小单元——像素,再逐一进行光-电转换。

每个像素在各自固定的几何位置上有属于各自的亮度和色度信息，且因景物的位置和时间变化而改变。因此，待传景物的光学信息以函数表示为：

$$\begin{cases} B=f_B(x,y,t) \\ \lambda=f_\lambda(x,y,t) \\ s=f_s(x,y,t) \end{cases}$$

若传输的是黑白图像，则每个像素只需传一个亮度信息 B ，待传景物的光学信息可以函数表示为：

$$B=f_B(x,y,t)$$

传输以上图像信息时，可以采用两种方式：像素信息同时传输制和像素信息顺序传输制。以黑白图像为例，同时传输制时将一帧图像分解成若干个像素后，把所有像素的亮度信息转换成相应的电信号，然后同时传输出去，那么，几十万个像素就要求有几十万条传输通道，这在实现时很难。因此实用中选择了后者，即将一帧图像分解成若干像素后，把所有像素的亮度信息按时间顺序一一转换成电信号传输出去，只需要一条传输通道，如图 1.1 所示。接收端的每个像素单元虽然是轮流发光的，但只要速度足够快，由于人眼的视觉惰性，会产生所有像素同时发光的效果，显示出完整的画面。

这个顺序地分解像素和综合像素的过程就称为扫描。传统电视系统中，扫描是通过电

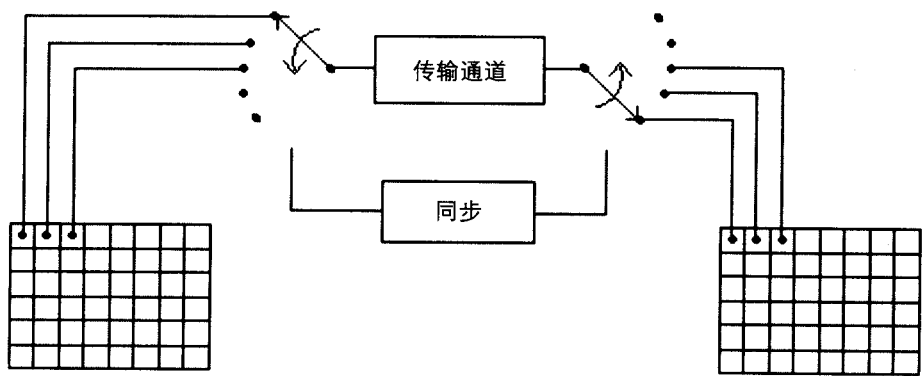


图 1.1 顺序传输制示意图

子束有规律运动实现的。摄像端通过电子束扫描将光像变为电信号，显像端通过电子束扫描将电信号还原为一幅光像。实现电子束扫描的电路称为扫描电路。进行扫描时，为保证稳定、准确地重现图像，要求收发两端的扫描规律必须严格一致，称为同步。

传统的电影是以一格胶片感光同时地记录一幅光像，放映时也是使用胶片的拷贝，没

有信号传输的问题,因此电影是没有顺序传输制和扫描概念的;但是,随着电影的数字化发展,一部电影可以在异地的多个数字电影院同步放映,电影也有了信号存储和传输的问题,而且现在许多影片都使用数字特技处理,需要以计算机系统为处理平台,因此电影影片在数字化的过程中也引入了电视系统的扫描概念。

二、电视扫描原理

1. 视觉惰性和闪烁感觉

当有光脉冲作用于人眼时,人的视觉对光刺激的响应有一定的延时,视觉的建立和消失都有一定的惰性,我们称之为视觉惰性,包括建立惰性和消失惰性,消失惰性又称为视觉暂留特性。视觉惰性,特别是视觉暂留特性是现代电影和电视的基础。电影和电视都是将一幅幅静止的画面以一定的频率在银幕或屏幕上轮流显示出来,这时人眼观看的虽然是一连串的静止画面,但是由于视觉暂留特性,前一幅画面的印象消失之前,后一幅画面的印象又开始建立,前后画面在视觉上衔接在一起,因此人眼感觉到画面中的动态。

视觉暂留时间在 $0.05 \sim 0.2\text{s}$ 范围内,因此,只要画面的换幅频率大于视觉暂留时间 0.05s 的倒数,即大于 20Hz ,视觉上便始终保留有画面的印象。电影的换幅频率取为 24Hz ,电视的换幅频率即帧频取为 25Hz 和 30Hz ,以满足图像动态连续感的需要,这就是我们通常所说电影的24格和电视的25帧(PAL制)。

当画面以上述频率重复出现时,人眼虽然产生连续感,但会有一明一暗的闪烁感觉。不再引起视觉闪烁感觉的光源最低重复频率就称为临界闪烁频率。它与许多因素有关,根据经验公式可计算出的视频图像显示时不产生闪烁感觉的最低重复频率为 45.8Hz 。

对于电影来说,每秒24格必定小于临界闪烁频率 45.8Hz ,若增加每秒的胶片格数,则每部影片的胶片成本会相应翻倍,可如何以24格克服人眼闪烁感呢?电影解决的方法是在放映时每一格胶片在银幕上投光两次或三次,相当于使一幅图像重复显示两次或三次,在不改变胶片每秒放映格数情况下,将银幕的重复闪烁频率提高到 48Hz 或 72Hz 。那么,电视系统如何解决闪烁频率的问题呢?

2. 扫描方式

电视系统应用匀速的单向直线扫描,即扫描速度是匀速的,扫描轨迹是直线型的,在朝单方向扫描时才传输图像信息,称为扫描正程,朝相反方向扫描时为回扫过程,不传输图像。扫描规律类似于人眼在看书时视线的移动规律,即对每一幅画面来说,扫描是按从左到右、从上到下的顺序进行的,扫描完一幅图像后再重复扫描第二幅。如果扫描速度足

够快,使画面换幅频率既满足画面中活动景物连续感的要求,又满足临界闪烁频率的要求,则在接收端屏幕上看到的就是既有连续感又无闪烁感的活动影像了。

电视系统中采用的扫描方式有逐行扫描和隔行扫描。

在对一幅画面进行光-电转换及电-光转换的过程中,若扫描是一行一行从上到下依次进行,则称为逐行扫描。电视扫描分水平和垂直两个方向,水平扫描时从左至右,称为行扫描,回扫的过程称为行逆程;垂直扫描是从上至下,称为帧扫描,回扫过程称为帧逆程。行扫描和帧扫描是同时进行的,且行扫描速度远大于帧扫描速度。

逐行扫描有很多优点,是比较理想的扫描方式,有较高的时间和空间分解力,运动重现性能较好。逐行扫描是计算机显示系统采用的扫描方式,但是对电视系统来说,为了使显示端显示的电视图像没有闪烁感,逐行扫描方式下要求帧频达到50Hz。这样形成的图像信号频带过宽,对传输通道的带宽要求高,使电视设备复杂,成本高,在电视发展初期,这些问题还无法解决。因此,逐行扫描方式并没有成为电视系统的扫描方式。为了在不增加图像信号带宽的前提下,有效克服闪烁现象,电视系统采用了隔行扫描方式,目前传统的电视系统采用的都是隔行扫描方式。

隔行扫描是为了在保证重现图像质量的前提下减少图像信号带宽,将一帧电视图像分成两场来扫描,第一场扫描画面的奇数行,这期间称为奇数场;第二场再扫描画面的偶数行,这期间称为偶数场。奇和偶两场扫描结果合在一起形成一幅完整的图像。因此,隔行扫描方式中,帧频没有改变,仍为25Hz(或30Hz),但由于将每一帧图像分成两场来传送和显示,重现画面的闪烁频率就变成50Hz(或60Hz,我国以及欧洲各国等采用50Hz,美国、日本、加拿大等采用60Hz),这在很大程度上克服了闪烁现象。在隔行扫描方式中,既有帧频也有场频,场频是帧频的二倍。

但是随着电视技术的不断发展,收看者对图像质量要求的不断提高以及电视与计算机之间互操作性的不断增强,尤其是计算机图形,如字幕、计算机动画等在电视中的应用比例越来越大,逐行扫描已成为电视技术发展的必然选择。目前,已有部分电视设备采用了逐行扫描,例如,在技术指标中,若标称为1080p,就是指有效扫描行数为1080行的逐行扫描,p是逐行扫描progressive scan的英文开头字母缩写;若标称为1080i,就是指有效扫描行数为1080行的隔行扫描,i是隔行扫描interlaced scan的英文开头字母缩写。

三、黑白全电视信号

通过电视扫描原理可以将被拍摄的活动景物转换成随时间变化的电信号,我们称为图

像信号。但为了稳定、准确地传输和接收电视信号，仅有图像信号是不够的，下面我们以黑白电视信号（也是彩色电视信号中的亮度信号）为例说明电视信号的组成。

黑白全电视信号指的是在黑白电视系统中传送的图像内容及与图像显示有关的信号，如图 1.2 所示。它包括三个主要部分，即图像信号、复合消隐信号、复合同步信号。

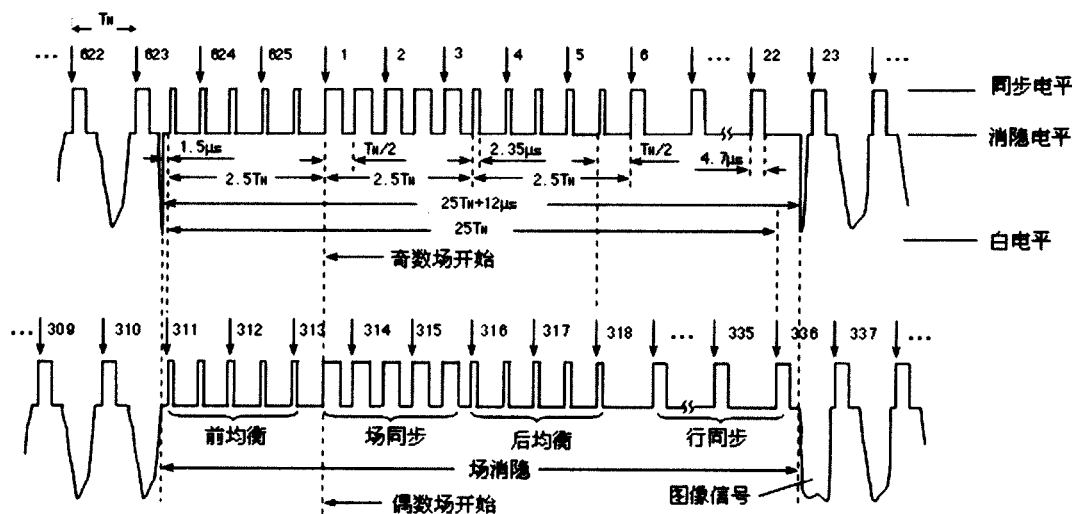


图 1.2 黑白全电视信号（负极性）波形图

1. 图像信号

图像信号就是携带景物明、暗信息的电信号，它只在行扫描和场扫描的正程期间传送。图像信号波形随具体画面内容的不同而不同。对应于画面上最明亮部分的图像信号电平称为白电平，对应于画面上最黑暗部分的图像信号电平称为黑电平。按照景物亮度与图像信号电平之间的对应关系，可将图像信号分成正极性和负极性两种。正极性图像信号中，黑电平低，白电平高，即图像信号的大小与景物的亮暗成正比；负极性图像信号中，黑电平高，白电平低，即图像信号的大小与景物的亮暗成反比。

与音频信号波形相比，由于被摄景物的物体边缘等细节部分往往有因亮度突变而导致形成图像信号波形的电平出现跳变沿，而音频信号波形一般不会有跳变部分，因为我们处理的声音最高频率一般为 20kHz，而图像的最高频率可以达到 6MHz。

2. 复合消隐信号

电视系统中，扫描正程期间传送图像信号，逆程期间不传送图像信号。复合消隐脉冲的作用就是在行、场逆程期间使显像管中的扫描电子束截止，消除行、场回扫线，使其不干扰正程的图像信号。消隐电平的值应至少与黑电平一样，或比黑电平更“黑”。