



21世纪警官高等教育系列教材

视频技术

主编 韩 加



中国人民公安大学出版社

21 世纪警官高等教育系列教材

视 频 技 术

主编 韩 加

中国人民公安大学出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

视频技术/韩加主编. —北京: 中国人民公安大学出版社,
2007.7

(21 世纪警官高等教育系列教材)

ISBN 978 - 7 - 81109 - 749 - 8

I. 视… II. 韩… III. 视频—技术—高等学校—教材
IV. TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 092753 号

视频技术

SHIPIN JISHU

韩 加 主 编

出版发行: 中国人民公安大学出版社

地 址: 北京市西城区木樨地南里

邮政编码: 100038

经 销: 新华书店

印 刷: 北京蓝空印刷厂

版 次: 2007 年 9 月第 1 版

印 次: 2007 年 9 月第 1 次

印 张: 12.375

开 本: 850 毫米 1168 毫米 1/32

字 数: 308 千字

ISBN 978 - 7 - 81109 - 749 - 8/D · 707

定 价: 27.00 元

本社图书出现印装质量问题, 由发行部负责调换

联系电话: (010) 83903254

版权所有 侵权必究

E-mail: cpep@public.bta.net.cn

www.phcpsu.com.cn

www.porclub.com.cn

前 言

在如火如荼的高等教育改革中，教学改革是核心，而教学内容和课程体系改革又是难点。教学内容作为改革的组成部分，教材内容的整合与更新的重要性不言而喻。

中国人民公安大学本科专业现行公安业务教材基本上是 20 世纪 90 年代初编写的。这些教材在确立公安学科的地位、培养合格人才以及指导公安工作实践等方面曾发挥过重要作用。然而，形势的发展使得对这些教材进行修订或重新编写势在必行。其一，在 1999 年 6 月召开的第三次全国教育工作会议上，党中央和国务院作出了《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》；1999 年 11 月第二次全国公安教育工作会议就深化公安教育改革、全面实施素质教育作出了新的部署，我们的教材建设必须在此基础上重新定位。其二，我校许多课程的教材涉及法律问题，而目前我国法律体系正处于不断完善中，近 10 年来颁布和修订的法律比较多，教材的编写和修订必须与新的法律相一致。其三，由于近些年我国正处于计划经济体制向市场经济体制转型时期，社会生活变化迅猛，公安机关面临的斗争形势非常严峻，而我们的理论却跟不上形势发展，有些理论严重滞后于公安工作实践，无法指导公安工作实践，必须予以修正。鉴于此，中国人民公安大学党委适时作出决定，编写了这套“21 世纪警官高等教育系列教材”。

此次教材编写与修订，将贯彻以下指导思想：从注重知识传授向重视能力培养转化；既充分反映当前公安工作和队伍建设的实际，贴近警务实践，又要具有前瞻性、预见性；既从实践中

来、又高于实践，形成比较科学、完整的体系，做到理论性、科学性与较强的针对性、实用性的统一。

本套教材将注重“高水平”与“适用性”的有机结合，突出编写质量和社会效益。首先，编写工作由我校在全国公安系统具有影响力的学科带头人领衔，邀请各级公安部门业务领导、专家和骨干参加，组成实力强大的编写阵容。其次，在教材编写过程中，将注意吸收改革开放以来我国公安理论研究的最新学术成果，关注国际学术发展最新动向，使教材内容站在 21 世纪初的学术前沿。再次，针对本科教学和新时期本科学生的特点，将学术性、新颖性、可读性有机结合起来，注意运用比较生动的案例、简明流畅的语言阐释理论。最后，按照“编审分离”的原则，聘请学术造诣高、实践经验丰富的学者、专家审稿，严把教材编写质量关。

我们期望并相信，经过编写者、审稿者、出版者的共同努力，这套 21 世纪公安业务新教材将以其质量和特色，成为新世纪奉献给读者们的精品。

中国人民公安大学
教材编审委员会
2001 年 12 月

编者的话

电视是 20 世纪人类最伟大的发明之一，是当今世界应用最广泛的图像通信系统。回顾电视的发展，它经历了由诞生到黑白、彩色和数字高清晰度电视的发展过程。在半个多世纪的历程中，科学技术的不断进步为电视的发展提供了坚实基础，使电视正以全新的技术迎接信息时代的到来。

电视 (Television) 是利用电信号载荷图像信息，通过传输信道将其送到远方供人们观看的图像通信技术。“Television”一词有“遥看远方景物”之义，采用电信号传输方式来看远方，故称为电视。图像是人类视觉所能感受到的信息，研究表明视觉提供的信息占人类接收全部信息的 70% 左右，图像信息对人们感知世界至关重要。电视作为图像通信系统，以其直观逼真、信息量大等优点，为人们提供了前所未有的信息量。利用电视技术，人们可以实时地看到世界任何地方乃至地球之外正在发生的事情。电视以其独特的性能，使人类真正实现了千里眼的梦想。

电视是一门综合性强，紧密结合多种应用科学的图像通信技术。随着科学技术的发展，电视由 20 世纪 50 年代初期的黑白电视系统，到 60 年代彩色电视系统的普及，之后随着大规模集成电路技术、数字信号处理技术和计算机科学技术的迅速发展，电视进入了数字化、网络化时代。其中，最具代表性的是视频信号处理的数字化和传输的网络化，使得以广播电视为主的单向通信系统向交互式图像通信系统发展，数字电视系统成为一个综合性

图像信息服务平台,为人们提供娱乐和各种信息服务。随着数字信号处理技术的飞速发展和人们对图像质量的要求不断提高,数字高清晰度电视时代已经来到。

电视技术的应用领域十分广泛,并在不断普及、扩大。早期的应用主要是广播电视,作为大众传媒工具,电视为人们提供新闻和娱乐服务。随着社会、经济的发展和科学技术的进步,各行各业对电视技术的应用需求与日俱增,如军事国防、航空航天、公安指挥、文化教育、工矿企业、安全防范等,电视为这些应用领域提供专业性图像信息服务,其中以电视监控系统应用最为广泛。例如,在安全技术防范中,视频图像信息以其实时、直观、内容确切而丰富,成为安全技术防范系统中不可缺少的主要信息源,电视监控已成为现代技术防范体系中最重要的重要组成部分。电视监控系统可完成对特定区域和重点目标的不间断监视、记录,当报警网络与电视监控系统联动后,前端探测传感器发出报警的同时,电视监控系统可自动切换报警现场的实时图像,记录现场图像资料,为事后分析研究发生的情况提供最重要的信息和证据。

随着计算机网络和多媒体技术的发展,视频图像信号的数字化处理与网络传输已成为研究热点。模拟电视信号只有经过数字化处理和压缩编码,才能进入计算机系统并在互联网上传输。其中,视频图像信息的数字化处理显得尤为重要,各种压缩编码标准不断推出,应用领域不断扩大。视频技术也是多媒体图像处理的重要基础,目前视频技术课程已成为电子信息工程、通信工程、安全技术防范等专业的必修课程。

本教材将系统地介绍视频技术的基础理论和原理。以自成体系的编排和清晰的层次,对视频技术所涉及的基本理论和基本原理进行详细的介绍与分析,力求使读者从整体上了解和掌握视频技术及其应用。本教材共分八章,在内容安排上力求使基础理论

与技术应用相结合,便于教师教学或学生自学。在内容编排上,第一章至第六章主要包含视频技术基础知识,第七、八章介绍图像信号的压缩编码标准和网络化传输以及在有关业务中的应用。

其中,第一章主要介绍电视系统的组成、图像的顺序传输、扫描原理和光电转换等。第二章主要介绍视觉的亮度特性和色度特性、三基色原理和彩色图像重现,以及电视图像有关参数的选择依据。第三章主要介绍模拟视频信号的结构特点,视频信号的产生、处理、传输等内容。第四章主要介绍与彩色电视图像的传输有关的彩色电视制式,以及涉及相关的技术。第五章主要介绍视频信号的数字化及其有关内容。第六章主要介绍图像的统计特性和电视信号的压缩编码。第七章主要介绍视频图像信号的压缩编码标准以及视频信号的网络化传输技术。第八章主要介绍视频技术在公安业务中的应用。

本教材的编写工作由韩加、张小萍、李锦涛、霍宏涛完成,其中第一章至第六章及第七章的7.1~7.3节由韩加编写,第七章的7.4节由李锦涛编写,第七章的7.5节由霍宏涛编写,第八章由张小萍编写,全书最后由韩加统稿完成。中央电视台王冀林高级工程师和中国电子科技集团公司第三研究所桂平高级工程师详细审阅了书稿,并提出非常有益的修改意见,在此表示诚挚的感谢。在编写过程中由于时间仓促,加之作者水平有限,书中难免存在疏漏与不足,还望读者、专家不吝赐教。

编者

2007.5

目 录

第一章 电视系统简介	1
§ 1.1 图像的分解与合成	1
§ 1.2 光电转换	4
§ 1.3 扫描原理	6
§ 1.4 电视系统组成简介	19
第二章 视觉特性与电视图像参数	21
§ 2.1 亮度视觉与电视图像亮度特性	21
§ 2.2 图像清晰度与电视系统的分解力	30
§ 2.3 视觉惰性与帧、场扫描频率的选择	39
§ 2.4 三基色原理与彩色重现	43
第三章 视频信号及其处理与传输	69
§ 3.1 黑白电视信号的组成及特点	69
§ 3.2 视频图像信号的产生	78
§ 3.3 电视信号的预处理	89
§ 3.4 电视信号的传输	108
第四章 彩色电视制式	117
§ 4.1 兼容制彩色电视系统	117
§ 4.2 亮度信号与色差信号	119
§ 4.3 NTSC 制	129
§ 4.4 PAL 制	151
§ 4.5 SECAM 制简介	176
第五章 电视信号的数字化	187
§ 5.1 数字信号的形成简介	189

§ 5.2	电视信号的 PCM 编码问题	198
§ 5.3	电视信号的取样结构	199
§ 5.4	复合信号的 PCM 编码	203
§ 5.5	分量信号的 PCM 编码	209
§ 5.6	码速率与误码率	214
第六章	图像的统计特性与电视信号的压缩编码	216
§ 6.1	图像的统计特性	216
§ 6.2	电视信号压缩码率的必要性与可能性	222
§ 6.3	电视信号的帧内预测编码	226
§ 6.4	电视信号的帧间预测编码	235
§ 6.5	正交变换编码	240
§ 6.5	信息熵编码简介	257
第七章	图像数据压缩编码标准	266
§ 7.1	静止图像数据压缩及其 JPEG 标准	267
§ 7.2	活动图像的压缩标准 MPEG - 1	288
§ 7.3	活动图像的通用编码标准 MPEG - 2	310
§ 7.4	针对多媒体应用的 MPEG - 4 图像编码标准	323
§ 7.5	MPEG - 7 标准	344
第八章	视频技术在公安业务中的应用	359
§ 8.1	概述	359
§ 8.2	涉及公安视频图像通信的有关技术规范与标准	362
§ 8.3	会议电视系统及其在公安业务中的应用	368
§ 8.4	多媒体图像监控技术及其应用	373

第一章 电视系统简介

电视技术是利用电信号来实现静止或活动图像的远距离实时传输的应用技术。从本质上讲，电视系统是一种图像通信系统，它主要包括图像信号的获取、处理、传输以及根据图像信号实现图像重现。其中，涉及信息形式的变换、信号的选择与编码、各种参数的确定、失真校正、传输方式等。电视系统在发送端，利用光电变换器件将景物图像（光信息）转变成电信号，然后对该信号进行加工处理、传送至接收端；接收端利用电光变换器件将电信号转换成与原景物一致的图像。

电视技术是一门综合性较强、涉及面较广的应用技术。电视系统所包含的信号产生、处理、存储、传输、接收等涉及许多相关学科，如微电子学、光学、色度学、视觉生理学与心理学、通信理论和技术、信号处理理论和技术等。这些相关学科，特别是微电子学、信号处理理论、通信理论和技术构成电视技术的基础，同时这些相关学科的发展又推动着电视技术的发展。但电视技术仍有着自身的特点、理论体系和发展规律。本章将概括地说明实现电视图像传输的基本原理和系统结构。

§ 1.1 图像的分解与合成

一、图像的表达

图像是三维空间存在着的光信息。客观景物图像对于人眼感觉来说，可认为是无数点的集合。每个点都有它的光信息（亮度和色度）和对应的空间几何位置，同时每个点的光信息还随

时间发生变化。为简化问题的分析，只考虑亮度信息，可用函数表示如下：

$$B = f(x, y, z, t) \quad (1.1.1)$$

式中， t 代表时间； x 、 y 、 z 代表空间坐标； B 代表该点的亮度值。

由此可见，图像函数是一个复杂的多维函数。若经由光学系统处理，将其转化为二维平面图像，则图像函数可简化为如下形式：

$$B = f(x, y, t) \quad (1.1.2)$$

分析式 (1.1.2) 可见， B 仍是一个包含空间变量和时间变量的多元函数。显然，它不能由一个电信号来表示（电信号只能是一维时间函数，即电流或电压值随时间变化）。此外，从数学上看， B 包含无穷多个点。

若把图像分解成 N 个单元，每个小单元称为一个像素。用图 1.1.1 所示的方法，使图像成像在由 N 个独立光电元器件组成的光电变换靶面上，于是每个像素的亮度只随时间变化，可用随时间变化的电压值来表示。

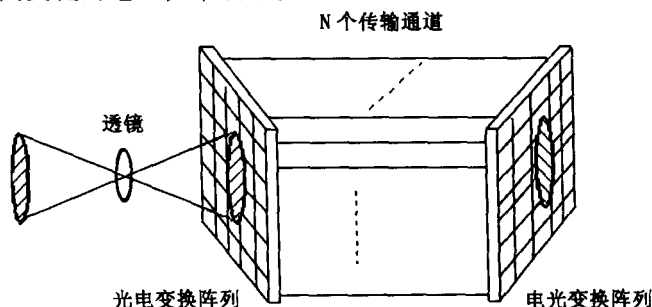


图 1.1.1 同时传输系统

光电变换靶产生 N 个电信号，每个电信号都是时间的一维函数。设想有 N 个信道，将它们同时传送到接收端。在接收端，分别由 N 个发光元件组成的阵列，将对应信道传来的电信号转

换为亮度信息，于是还原出发端图像。这是一个典型的的同时传送系统模型。

考察像素的特点可以看到，它是组成图像的最小单元，具有单值的亮度和确定的几何位置，任何图像均可看做是像素的集合。像素尺寸越小，单位面积上的像素越多，图像也就越清晰。像素是图像的基本信息单元，它的集合给出图像总信息。按照现代电视技术标准，要得到一幅基本满足视觉清晰度要求的电视图像，需要约 40 万个像素，对于同时传送系统而言，这就意味着需要 40 多万条信道。显然，从技术的角度看，这种同时传送系统是无法实现的。

二、图像的顺序传送

为了解决图像的有效传输，需要寻找某种变换方法，将图像的全部像素信息设法用一个时间的单值函数来表示。根据人眼的视觉惰性，可以把图像各像素亮度信息所对应的电信号，按一定顺序依次传送出去。这样，在每一时刻只有一个像素的亮度信号存在，而不同时刻则对应不同空间位置的像素。因此，只用一个信道即可完成全部像素信息的传输。接收端按照相同的顺序，将各个电信号在相应空间位置上转换为光信息（该点的亮度）即可重现图像。只要这种顺序传送进行得足够快，人眼就会感觉到图像是在同时发光，而没有顺序感觉。如果整帧图像顺序重复得足够快，眼睛就会感觉到活动图像。按此方式传送图像的系统，称为顺序传送系统。原理如图 1.1.2 所示。

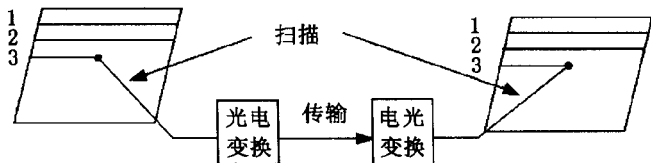


图 1.1.2 顺序传送系统

在顺序传送像素的过程中，必须按照某种规律进行。在图像传送技术中，把这种预先规定好的像素传送规律称为扫描。收、发两端必须遵循相同的扫描规律，才能在收端正确重现发端图像。如图 1.1.2 所示，发端通过扫描，顺序地拾取各像素亮度对应的电信号，并通过传输信道将其传送到收端。收端按照同样的扫描规律将电信号转换为对应点亮度，还原出整幅图像。在顺序传送系统中，发端通过扫描对图像进行分解，使其能够用时间单值函数的电信号来表示，实现单一信道传输。

收端利用扫描完成图像的重组与还原。在此过程中，收、发端扫描同步是非常重要的。只有在扫描同步的情况下，收端才能正确还原出与发端位置一致的像素，精确重现发端图像，即电视图像的发端分解与收端还原必须在收、发两端像素几何位置上一一对应，此关系是靠两端扫描一致来保证的，这就是扫描同步的含义。

电视扫描规律是按从左到右、从上到下的顺序进行的。从数学上看，通过扫描把空间坐标 x 、 y 转化为时间 t ，即坐标位置为时间函数：

$$x = f_x(t), y = f_y(t) \quad (1.1.3)$$

于是，图像亮度 B 就转化为时间的一维函数，即：

$$B = F(t) \quad (1.1.4)$$

因此，可以说利用扫描实现了空间到时间的转换，这就是图像顺序传输的基础。

§ 1.2 光电转换

电视系统的任务是要利用电信号来完成光学图像的传输。光和电是两种不同的物理量，电视系统的发送端与接收端需分别进

行光—电转换和电—光转换，这是电视技术中特有的问题。该问题包含两项内容：一是完成光、电转换或逆转换；二是实现扫描。两者结合便产生了摄像器件与显像器件。最具代表性的是电视摄像管、CCD 固体摄像器件和电视显像管。

摄像器件利用光电效应实现光电转换，有外光电效应与内光电效应之分。某些碱金属，如钾、铯等在光能量刺激下产生光电子发射，属于外光电效应。早期的电视摄像器件就是利用外光电效应工作的。某些半导体材料，如硫化锑、掺杂的单晶硅等在光能的刺激下导电率改变，属于内光电效应。目前的摄像器件都采用内光电效应工作。内光电效应的光电转换效率高于外光电效应，因为在物质内部增加自由电子的数量比使电子飞出物质表面需要的能量小。

在电视摄像管中，利用光敏材料制成光电变换靶，在靶面上加上适当的电压，用电子束扫描光电变换靶，得到图像电信号。这一过程可由图 1.2.1 摄像部分来说明。

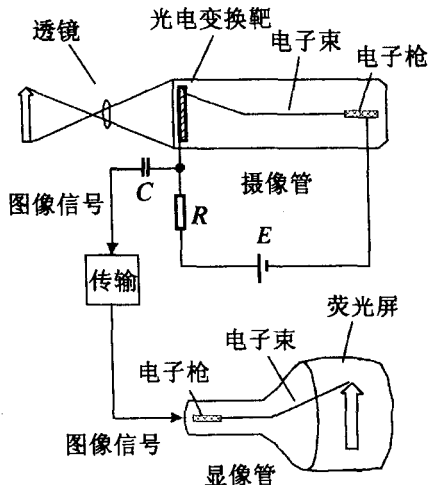


图 1.2.1 电视系统中的光电变换过程图

当景物经由光学系统成像到光电变换靶上,由于光电效应的作用,使靶上各处形成与光照强弱相对应的电位分布。当电子束逐点扫描靶面时,利用电子束流顺次抹平起伏电位。光照强的点电位高,抹平电位需要的电子多;光照弱的点电位低,所需电子少。由于扫描电子束是光电靶及与其相连的外电路形成的回路电流,显然该电流受到靶面光照调制,代表着被扫描点的亮度。随着电子束按一定规律扫描整个光电变换靶,于是顺序产生代表整个图像亮度分布的电流强度变化,该电流在摄像管外电路的负载电阻 R 上产生相应的信号电压输出,这就是图像电压信号。

电—光转换是将电信号转换成图像亮度分布的过程。其方式很多,如场致发光、荧光效应、发光二极管等。电视显像管便是利用荧光效应实现电光转换的图像显示器件。其工作原理是荧光物质在电子束的轰击下产生光子发射,图 1.2.1 中,图像重现部分是显像管的工作示意图。显像管的玻璃屏幕内表面涂有荧光物质,荧光屏的发光强度取决于轰击电子的数量与速度。若用图像信号去控制电子束的强弱,并按摄像端相同规律扫描荧光屏,即可完成电光转换,重现发端光电变换靶上的图像。

§ 1.3 扫描原理

电视图像的传输离不开图像的分解与重组,只有这样才能把平面空间分布的光信息(光学图像),变换为仅以时间函数来表示的电信息(图像分解+光电转换),使之便于传输;同理,接收端以逆过程实现图像的重组。由前分析可知,在图像分解与重组过程中,扫描是基础,或者说图像的顺序传送是由扫描来完成的。

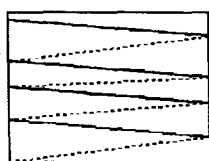
扫描的方式很多,如直线扫描、螺旋扫描、圆形扫描等。在电视技术中,考虑到图像质量和扫描设备的简单、可靠等因素,

一般都采用单向匀速直线扫描。当扫描点在水平和垂直两个方向上作直线运动时,得到直线状扫描线,这些扫描线的集合构成一幅矩形光栅图案。电视图像的有效显示范围就在扫描正程所形成的光栅图案中,扫描逆程通常被消隐掉。下面分别介绍逐行扫描、隔行扫描以及扫描同步等有关问题。

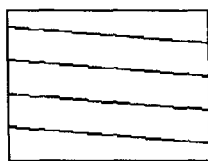
一、逐行扫描

在电视系统中,通常采用磁偏转来实现电子束扫描。它利用运动电荷在磁场中受力的原理来工作。当偏转线圈中通入随时间线性增长的电流时,在偏转线圈的作用空间内,磁场强度也随之增加,此时,途经该作用空间的电子束所受到的偏转力也增加,因而电子束的偏转量也增加。设各物理量之间的变化关系都是线性的,当偏转线圈中通入锯齿波电流时,电子束将作匀速直线扫描。

为获得矩形扫描光栅,电子束在作水平方向扫描的同时,还需作垂直方向扫描。因此,电子束在水平和垂直偏转磁场的共同作用下,沿水平方向从左到右、沿垂直方向从上到下,以均匀速度依次一行紧接一行地扫过屏幕,扫描电子束轨迹的集合及扫描光栅,如图 1.3.1 所示。



(a) 有回扫线的光栅



(b) 无回扫线的光栅

图 1.3.1 逐行扫描光栅图

其中,水平方向的扫描称为行扫描;垂直方向的扫描称为帧扫描或场扫描。

1. 行扫描

行扫描是指水平方向的扫描,其中每一行称为一个扫描行,