

数字电视技术

SHUZI DIANSHI JISHU

刘 达 龚建荣 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

数字电视技术

张林秀文 吕佩娟 吕佩娟 吕佩娟

第 1 版 第 1 次印刷



数字电视技术

刘 达 龚建荣 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

什么是数字电视？数字电视涉及哪些关键技术和标准？我国数字电视的进展如何？本书全面阐述数字电视领域的最新理论和技术成果，系统介绍数字电视组成架构、关键技术、传输标准、实现方案和发展趋势。全书分为 10 章，内容包括：数字电视概述，数字电视信源编码技术，视频编码国际标准，数字电视信道编码及调制，数字电视条件接收，数字电视信息存储及显示技术，数字电视传输标准与传输技术，数字电视组网技术，以及数字交互式电视。

本书内容丰富、系统性强，而且通俗易懂、深入浅出，既可为广播电视行业的工程技术人员、管理人员和广大数字电视技术爱好者全面了解数字电视技术提供参考和借鉴，又可作为高校通信、广播电视、信息工程和多媒体技术等专业的本、专科教材。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视技术/刘达，龚建荣编著. —北京：电子工业出版社，2005.4
ISBN 7-121-01037-2

I. 数… II. ①刘… ②龚… III. 数字电视 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 021783 号

责任编辑：张米盛 zhangls@phei.com.cn 特约编辑：石灵芝

印 刷：北京市顺义兴华印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：23 字数：580 千字

印 次：2005 年 4 月第 1 次印刷

印 数：5 000 册 定价：29.80 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系。联系电话：（010）68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

人类已步入 21 世纪,这是信息技术飞速发展的时代,其基本技术特征是数字化、网络化和信息化。在新世纪,伴随着知识经济的全面兴起,信息技术领域发生了重大变革,信息革命的浪潮席卷全球,人类已真正步入信息化时代。在此技术背景下,电视领域也在发生一场深刻的革命,科学技术的迅速发展是现代电视技术不断进步、不断完善的推动力。今天,数字电视已经离我们越来越近,已经渗透到我们工作、生活、娱乐的方方面面,数字高清晰度电视代表着现代电视技术的发展方向及潮流。

为适应数字电视在我国推广、应用及发展,编著者深入钻研了数字电视理论及其相关技术,在总结并研究大量文献与资料的基础之上编写了本书。本书的特点是既通俗易懂、可读性强,又内容丰富、图文并茂,不仅全面阐述了数字电视领域的最新理论和技术成果,而且系统介绍了数字电视组成架构、关键技术、传输标准、实现方案及发展趋势。全书共 10 章,内容包括:现代电视技术演进、数字电视与高清晰度电视概述、数字电视系统组成及关键技术总体介绍;数字电视信源编码技术,包括视频编码与音频编码技术;视频编码国际标准,重点介绍了 ITU-T 的 H.26x、ISO/IEC 的 MPEG 系列标准;数字电视信道编码及调制技术;数字电视条件接收技术;数字电视信息存储及显示技术;数字电视传输标准;数字电视传输技术;数字电视组网技术;数字交互式电视。

本书的读者对象,一方面是针对高等院校通信工程、电子工程、信息工程、广播电视工程、计算机应用等专业的师生;另一方面是针对广大数字电视与高清晰度电视爱好者,他们迫切希望尽快了解并掌握数字电视的基本原理及基本技术。同时,本书也可为广播电视行业从事数字电视、有线电视、交互式电视、多媒体通信等工作的工程技术人员及管理人员提供指导及帮助。

本书由刘达、龚建荣编著。在编写过程中,参阅了大量文献资料,主要包括国内外的论文、图书及教材。在此,向有关作者表示深深谢意,同时也对电子工业出版社的大力支持表示衷心感谢,最后感谢编著者的家人为本书所做的大量工作。

由于数字电视技术尚在不断发展、不断完善之中,而且编著者水平有限,书中必然有一些不恰当、不准确之处,诚恳希望广大读者提出批评及指导意见,以便完善本书。

编著者

2005 年 1 月于北京

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 电视技术的演进	(1)
1.1.1 现代电视技术的发展历程	(1)
1.1.2 传统电视技术原理	(4)
1.1.3 彩色电视的国际制式	(8)
1.2 数字电视与高清晰度电视	(10)
1.2.1 数字电视发展史	(10)
1.2.2 数字电视原理及优势	(14)
1.2.3 数字电视信号编码方式	(15)
1.2.4 数字电视图像的主观评价	(17)
1.2.5 高清晰度电视 (HDTV)	(18)
1.3 数字电视系统组成及关键技术	(28)
1.3.1 数字电视系统架构	(28)
1.3.2 数字电视关键技术	(30)
1.3.3 发展数字电视的重要意义	(35)
第 2 章 数字电视信源编码技术	(38)
2.1 多媒体技术原理及应用	(38)
2.1.1 多媒体与多媒体技术	(38)
2.1.2 多媒体通信系统	(40)
2.2 视频压缩编码基本原理	(43)
2.2.1 视频压缩编码必要性分析	(43)
2.2.2 视频压缩编码可行性分析	(44)
2.3 视频压缩编码理论基础	(47)
2.4 视频压缩编码技术	(49)
2.4.1 视频压缩编码技术研究进展	(49)
2.4.2 图像预测编码技术	(51)
2.4.3 图像变换编码技术	(53)
2.4.4 图像熵编码技术	(57)
2.4.5 具有运动补偿的帧间预测编码技术	(58)
2.4.6 具有运动补偿的帧间内插编码技术	(60)
2.4.7 矢量量化编码技术	(61)
2.4.8 子带编码技术	(63)

目

录

V

2.4.9	小波变换编码技术	(64)
2.4.10	分级编码技术	(66)
2.4.11	分形编码技术	(67)
2.4.12	模型基编码技术	(69)
2.5	音频压缩编码技术	(70)
2.5.1	音频压缩编码技术概述	(70)
2.5.2	MUSICAM 数字音频压缩编码技术	(74)
2.5.3	杜比 AC-3 数字音频压缩编码技术	(78)
2.5.4	MPEG 音频压缩编码技术	(80)
第3章	视频编码国际标准	(88)
3.1	视频编码标准进展状况	(88)
3.2	ITU-R 601 标准	(90)
3.3	H.261 标准	(92)
3.4	H.263 标准	(96)
3.5	H.264 标准	(98)
3.6	JPEG 与 JPEG2000 标准	(103)
3.7	MPEG-1 标准 (ISO/IEC 11172)	(105)
3.8	MPEG-2 标准 (ISO/IEC 13818)	(109)
3.8.1	标准概述	(109)
3.8.2	MPEG-2 视频码流语法结构	(110)
3.8.3	MPEG-2 特点	(112)
3.8.4	MPEG-2 系统编码层	(116)
3.8.5	MPEG-2 视频编码关键技术	(118)
3.9	MPEG-4 标准 (ISO/IEC 14496)	(120)
3.9.1	MPEG-4 标准概述	(120)
3.9.2	MPEG-4 核心思想	(122)
3.9.3	MPEG-4 视频流分层结构	(123)
3.9.4	MPEG-4 涵盖功能	(124)
3.9.5	MPEG-4 视频关键技术	(125)
3.9.6	小结	(128)
3.10	MPEG-7 标准 (ISO/IEC 15938)	(128)
3.11	MPEG-21 标准 (ISO/IEC 18034)	(131)
3.12	总结	(132)
第4章	数字电视信道编码及调制技术	(135)
4.1	数字电视信道编码技术	(135)
4.1.1	信道编码简介	(135)

4.1.2	差错控制系统	(137)
4.1.3	纠错码基本理论	(139)
4.1.4	RS 编码技术	(144)
4.1.5	数据交织 技术	(144)
4.1.6	卷积编码技术	(145)
4.1.7	Turbo 编码技术	(147)
4.1.8	网格编码调制 (TCM) 技术	(149)
4.1.9	级联编码技术	(149)
4.1.10	ATSC 系统信道编码技术	(150)
4.1.11	DVB 系统信道编码技术	(152)
4.1.12	ISDB 系统信道编码技术	(155)
4.2	数字电视调制技术	(157)
4.2.1	数字电视信号调制目的	(157)
4.2.2	数字调制技术基本原理	(159)
4.2.3	数字电视 QPSK 调制技术	(162)
4.2.4	数字电视 QAM 调制技术	(163)
4.2.5	数字电视 VSB 调制技术	(165)
4.2.6	数字电视 OFDM 调制技术	(166)
第 5 章	数字电视条件接收技术	(169)
5.1	数字电视条件接收基本原理	(169)
5.1.1	数字电视条件接收的定义	(169)
5.1.2	数字电视条件接收原理剖析	(170)
5.2	数字电视广播条件接收系统行业规范	(172)
5.2.1	条件接收系统概述	(172)
5.2.2	条件接收系统组成	(173)
5.2.3	条件接收系统总体要求	(174)
5.3	数字电视条件接收系统	(176)
5.3.1	系统架构	(176)
5.3.2	加扰器与解扰器设计	(178)
5.3.3	系统实现的关键技术	(179)
5.3.4	DVB 条件接收系统特点	(182)
5.3.5	发展数字电视条件接收的重要意义	(184)
第 6 章	数字电视信息存储及显示技术	(185)
6.1	数字电视信息存储技术	(185)
6.1.1	数字电视的信息存储	(185)
6.1.2	多媒体信息存储策略	(187)

6.1.3	基于 RAID 的海量存储技术	(189)
6.1.4	光盘库存储技术	(195)
6.1.5	存储区域网络 (SAN)	(196)
6.1.6	虚拟存储技术	(197)
6.2	数字电视显示技术	(200)
6.2.1	数字电视的显示要求	(200)
6.2.2	数字电视显示技术解析	(201)
6.2.3	数字电视显示技术前瞻	(217)
第 7 章	数字电视传输标准	(219)
7.1	数字电视传输国际标准	(219)
7.1.1	ATSC 标准	(219)
7.1.2	DVB 标准	(221)
7.1.3	ISDB 标准	(223)
7.1.4	数字电视地面传输标准	(224)
7.2	中国数字电视传输标准	(229)
7.2.1	中国数字电视传输标准发展历程	(229)
7.2.2	中国数字电视传输标准概况	(231)
7.2.3	中国数字电视地面传输标准制订原则及需求分析	(232)
7.2.4	中国数字电视地面传输标准主要候选方案介绍	(234)
第 8 章	数字电视传输技术	(242)
8.1	数字电视传输要求	(242)
8.1.1	多媒体信息流特点	(242)
8.1.2	多媒体通信网络的性能参数	(243)
8.1.3	数字电视对传输网络的服务质量需求	(246)
8.1.4	多媒体信息同步技术在数字电视系统中的应用	(248)
8.2	流媒体技术	(251)
8.2.1	流媒体技术基本原理	(251)
8.2.2	利用 RTP/RTCP 进行实时数据传输	(258)
8.2.3	利用 RSVP 进行动态资源预留	(261)
8.3	数字电视传输方案	(263)
8.3.1	数字电视传播方式	(263)
8.3.2	数字电视地面广播模型	(264)
8.3.3	数字电视地面广播的主要问题	(265)
8.3.4	数字电视系统传输方案	(266)
第 9 章	数字电视组网技术	(271)
9.1	现代网络技术概述	(271)

9.1.1 网络拓扑结构	(271)
9.1.2 OSI 参考模型	(275)
9.1.3 典型通信网络介绍	(277)
9.1.4 多媒体通信网与数字电视网	(279)
9.2 数字电视宽带干线传输技术	(283)
9.2.1 SDH 技术	(284)
9.2.2 密集波分复用技术	(286)
9.3 数字电视宽带交换技术	(288)
9.3.1 信息交换技术	(288)
9.3.2 ATM 技术	(289)
9.3.3 IP 技术	(292)
9.4 数字电视宽带接入技术	(296)
9.4.1 数字电视宽带接入网	(296)
9.4.2 数字电视 HFC 接入技术	(297)
9.4.3 数字电视以太网接入技术	(301)
9.4.4 数字电视光纤接入技术	(303)
9.4.5 数字电视 DSL 接入技术	(305)
第 10 章 数字交互式电视	(310)
10.1 数字交互式电视概述	(310)
10.1.1 三网融合	(310)
10.1.2 数字交互式电视基本特征	(313)
10.1.3 数字交互式电视与高级多媒体系统	(315)
10.1.4 数字交互式电视系统组成	(316)
10.2 视频服务器	(320)
10.2.1 视频服务器特点与功能	(320)
10.2.2 视频服务器基本类型	(322)
10.3 数字机顶盒	(324)
10.3.1 数字机顶盒基本概要	(324)
10.3.2 数字机顶盒硬件结构	(327)
10.3.3 数字机顶盒软件结构	(329)
10.3.4 数字机顶盒关键技术	(331)
10.3.5 数字电视中间件技术	(333)
10.3.6 数字机顶盒工作流程	(335)
10.4 数字交互式电视关键技术及其发展策略	(339)
10.4.1 数字交互式电视关键技术解析	(339)
10.4.2 数字交互式电视系统规范	(341)

10.4.3 数字交互式电视发展策略..... (342)

10.5 数字电视核心应用：视频点播（VOD） (343)

10.5.1 视频点播技术概要..... (343)

10.5.2 真视频点播、准视频点播与全视频点播 (344)

10.5.3 视频点播原理剖析及实现结构 (345)

缩略语 (348)

参考文献..... (356)

第 1 章 概 述

最近几个世纪均有一项主导性的技术：18 世纪发生了伟大的工业革命，可以称为机械工业时代；19 世纪则是蒸汽机时代；20 世纪最重要的是信息技术与计算机互联网的发展，这包括遍布全球的电话网与数据网的安装，无线电与电视的发明与普及，计算机的诞生与飞速发展，尤其是电信网、计算机网、有线电视网带来的深刻的社会变革；而 21 世纪的基本技术特征则是数字化、网络化和信息化，伴随着知识经济的不断兴起，信息技术革命的浪潮已经席卷全球，人类已真正步入信息时代。

1.1 电视技术的演进

1.1.1 现代电视技术的发展历程

当今时代被誉为信息时代，科学技术飞速发展，与此同时，广播电视领域也在发生一场深刻革命，电视的数字化和网络化则集中体现了这场革命的深刻内涵。科学技术的巨大进步、用户对高品质视听生活的不断追求正加速推动着模拟电视的数字化进程，模拟电视向数字电视转变已是大势所趋。数字电视代表着现代电视技术的发展潮流，因而正日益成为现代电视系统的主流。

自从 1936 年英国首先开通电子式的黑白电视广播以来，电视技术历经黑白电视、模拟彩色电视、数字高清晰度电视的发展历程。与此同时，电视也具有了无线广播、有线广播、卫星直播、数据广播、双向通信等多种传输方式。PAL、NTSC、SECAM 是广播电视历经几十年发展而逐步形成的模拟彩色电视的国际三大制式。如今，数字电视与高清晰度电视正在轰轰烈烈地在全球实施及推广，我国数字电视产业的发展正在进入一个关键时期，2004 年即被誉为中国的数字电视年。

电视界有这样一种说法：将黑白电视称为第一代电视，模拟彩色电视称为第二代电视，数字高清晰度电视被誉为第三代电视，这种说法在一定意义上揭示出电视技术的发展方向与趋势。

综观电视技术的发展历程：从黑白电视到彩色电视、从模拟电视到数字电视、从标准清晰度电视到数字高清晰度电视，可以看出这个发展历程正映射出现代科学技术在电视领域的应用日益成熟、日益广泛。数字高清晰度电视作为继黑白电视、彩色电视之后的新一代电视，能带给人们更高级的视听享受、更清晰的图像、更逼真的色彩、更优美的音质，以及身临其境的真实感。

传统模拟广播电视存在一系列问题与缺陷不能满足人们对高品质视听生活的不断追求。模拟电视存在的主要问题如下：

- 模拟电视图像清晰度差，存在亮色干扰、大面积闪烁现象，节目源不能多次

复制;

- 模拟电视带宽应用受限很大, 模拟 PAL 制电视在 8MHz 带宽内只能传送 1 路模拟视频信号和 1 路模拟音频信号, 由于同频及邻频干扰, 增加电视新频道难度很大;
- 模拟电视抗多径干扰能力差, 接力传输产生噪声, 使信噪比不断恶化, 图像损伤越来越严重, 不能实现远距离传播;
- 在模拟电视发送传输设备中, 电路的非线性使图像几何失真越来越大, 而放大器的相位失真则产生色彩失真, 使“鬼影”现象愈来愈严重;
- 模拟电视稳定度及可靠性差, 还存在时域混叠、调整复杂、不便集成及不易实现自动控制等缺点。

数字电视 (DTV, Digital Television) 克服了模拟电视许多无法避免的不足与缺陷, 在现代科学技术飞速发展的背景下应运而生, 它引领着现代电视技术的发展潮流, 它的出现及完善被誉为电视发展史上的一个重要里程碑。数字电视不仅具有图像清晰、色彩鲜艳、声音悦耳等基本特征, 而且观众可进行视频、音频节目点播, 选择自己感兴趣的数字电视节目源, 实现了用户与电视台的双向交互功能, 这使用户收看电视节目的主动性得到大大增强, 从根本上改变了传统电视用户只能被动接收的状况。所以在用户交互性方面, 数字电视较传统模拟电视发生了本质变化, 这个重大转变与现代信息社会以人为本的先进理念相一致, 具有强大的生命力, 符合现代社会的进步潮流。总之, 数字化、交互性是现代电视技术发展的必然趋势, 代表着现代电视技术的发展方向。

但是, 任何事物的发展都不是一蹴而就, 而是循序渐进、逐步完善的, 电视领域也不例外。在数字电视的漫长发展历程中, 必然会出现一些过渡技术, 进而会诞生相应的过渡产品, 数字化电视正是电视技术由模拟电视向数字电视方向演变的过渡产品。所谓数字化电视, 是将天线接收到的电视信号, 通过调谐器选台变频以及图像、伴音中频放大之后, 再分别解调处理, 从而获得调制在电视载波上的全电视信号和音频信号。这一部分工作流程与普通模拟彩色电视基本一样, 高频接收、中频放大等电路并未实现数字化, 因而数字化电视本质上仍然属于模拟电视的范畴, 并不能称之为真正的数字电视。

真正意义上的数字电视在电视节目源的采集、制作、编辑、播出、传输、接收的全过程都采用数字编码与数字传输技术。目前电视领域的发展现状是: 电视节目从采集到接收的全过程中, 大部分环节已经实现了数字化, 但在某些环节上, 尚未完全采用数字技术, 例如有线电视传输和用户接收两个环节, 现在仍采用模拟技术, 因而数字化电视在一个相对长的时间内必然有其存在的必要性。只有实现了电视节目从采集到用户接收全过程的数字化, 才是真正意义的数字电视。电视技术的演进如图 1-1 所示。

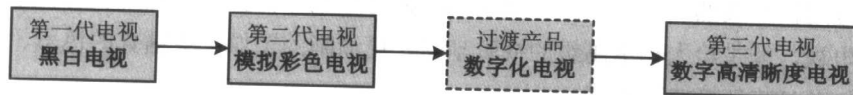


图 1-1 电视技术的演进

数字化电视作为电视技术从模拟方向发展全数字方向的一种过渡性产品, 从信号

特性分析，它与模拟电视的共同之处在于电视图像、伴音传输信号仍为模拟信号，它与模拟电视的最大区别则是信号处理方式不同。模拟电视接收机与数字化电视接收机的信号处理流程图分别如图 1-2 和图 1-3 所示。由图 1-3 可见，数字化电视采用了模 / 数转换技术，先将模拟电视信号转化为数字电视信号，再利用现代数字信号处理技术进行一系列数字化处理，同时采用了双倍行、场扫描技术，克服了模拟电视单倍行、场扫描带来的大面积闪烁感，最后进行数 / 模转换，还原为模拟彩色 R、G、B 信号。

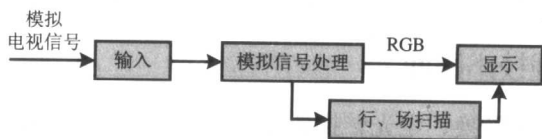


图 1-2 模拟电视接收机信号处理流程图

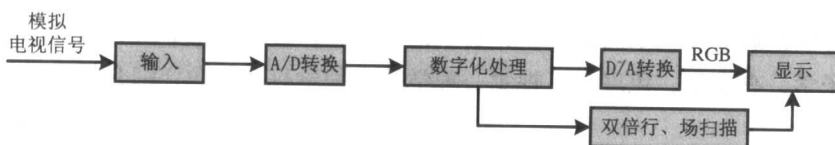


图 1-3 数字化电视接收机信号处理流程图

数字化电视在信号处理方面采用了一些比较先进的技术，与模拟电视相比，它具有以下优点：

- 数字化电视采用双倍行、场扫描技术，清除了目前模拟电视 50 场/秒扫描带来的大面积闪烁感，因而对人眼健康非常有益；
- 数字化电视实现了逐行显示的标准 VGA 图像，可作为计算机终端显示器，可应用在计算机领域；
- 数字化电视采用数字降噪技术可减轻电视画面噪点；
- 数字化电视使用了数字梳状滤波器技术，使亮度信号与色差信号完全分离，消除了亮色串扰；
- 数字化电视易于实现多视窗、画中画（PIP，Picture in Picture）、画外画、视窗放大、静止画面等功能。

全数字高清晰度电视作为电视技术发展的大趋势，它实现了电视系统从摄录至接收各个环节的全数字化，是对传统模拟电视广播系统的全面变革。全数字高清晰度电视采用数字摄像机、数字录像机等数字设备实现节目制作及编排，在电视台发射、信道传输至数字电视接收机接收的全过程中采用数字载波信号，在数字电视接收机内部全部采用数字信号处理（DSP）电路，真正实现了信号处理的全数字化，这是严格意义上的数字电视。

通常意义上的数字电视应是一个广义的概念，凡是在电视信号的获取、处理、传输和接收的全过程中均使用数字电视信号的系统或设备，都应称为数字电视系统或数字电

视设备。其中,数字电视信号的来源应当不单一,而是可以来源于多种途径,既可以是直接生成的数字电视信号,如数字动画设备、数字字幕机和数字摄像机产生的数字电视信号,也可以是由模拟电视信号经 A/D 变换处理之后产生的数字电视信号,还可以是压缩编码后的数字电视信号,例如 MPEG-2、H.264 等格式的数字电视信号。

以上我们回顾并展望了现代电视技术的发展历程及发展方向,这对熟悉并深入理解数字电视意义重大。我们相信,由于具备许多不可比拟的优势,并且适应了现代社会的进步潮流,数字电视产业必将会蓬勃发展起来,并在现代信息社会中占据重要地位。

1.1.2 传统电视技术原理

电视技术是利用光电转换、电光转换的原理,首先将光学图像转换为电信号,再送入传送信道进行远距离传输,最后再将传输到远端的电信号还原为光学图像的一门技术。整个电视系统主要是由成像设备、电视信号形成设备、信号处理系统、信号传输系统、电视信号接收与显示设备组成。电视技术不是一门孤立的学科,它由多学科交汇、融合而成,涉及的范畴主要包括通信理论、数字信号处理、数字图像处理、图像压缩编码理论、微电子学、亮度学、色度学、视觉心理学等多种学科。下面详细介绍电视技术的实现原理。

1. 电视信号与图像扫描

电视技术是利用光电转换原理实现光学图像到电视信号的变换,这一转换过程通常在摄像机中完成。当被摄景物通过摄像机镜头成像在摄像管的光电导层时,光电靶上不同点随照度不同激励出数目不等的光电子,从而在光电靶上产生不同的电位起伏,形成与光学图像对应的电图像,电图像必须经过扫描才能形成可以被处理和传输的电视信号。

从人眼的感觉来说,客观景物图像可以认为是由许多有限大小的像素组成的,对于观察者而言,每一个像素都有其光学特性及空间位置,并且随时间变化。景物图像中的任意一个像素 P 均可以用 8 个物理量来表达:

$$P = f(x, y, z, L, H, S, R, t)$$

其中 (x, y, z) 代表像素的空间位置; L 、 H 、 S 分别代表像素的亮度、色调、饱和度; R 表示图像的分辨率,即单个像素面积在景物图像总面积中所占的比例; t 则是像素产生以上物理量的时间。现行的 PAL、NTSC、SECAM 彩色电视系统,只能表达图像的二维平面信息,并不能表达三维立体信息,因此还无法将以上所有 8 个物理量全部反映出来。

人眼的分辨力就是人在观看景物图像时,对图像细节的分辨能力。如果图像传输系统传送的图像细节高于人眼的分辨力,由于最终接收端的图像是由人眼来感知的,因而传送高于人眼分辨力的高质量图像,人眼并不能感知这种高质量图像,因而是一种系统资源浪费;反之,如果传送的图像清晰度太差,大大低于人眼的分辨力,则达不到人类视觉的满意度,无法让图像接收者满意。人眼对色差信号的空间分辨率要低于对亮度信号的空间分辨率,因而我们应该对图像信号的亮度分量和色差分量采用不同的带宽分别进行处理。

同时,人的视觉具有惰性,即人眼的主观亮度感觉与光作用时间有关。光学图像一

且在视网膜上形成，当它消失后，视觉将会对这个光学图像的感觉维持一个有限时间，这又被称为视觉暂留效应。视觉惰性是近代电影和电视的基础，电影和电视正是利用人眼的视觉暂留效应，使本来在时间、空间上不连续的图像能给人以真实连续的感觉。

根据人眼对图像细节的分辨能力及对图像质量的要求，要得到较高的图像质量，每幅图像至少需要有几十万，甚至几百万像素。显然，要用几十万，甚至几百万个传输通道来同时传送图像信号，实现起来将十分困难，因此必须采用某种方式完成对图像的分解与变换，使代表像素信息的物理量能够用时间的一维函数来表达。在电视系统中，对景物图像的像素分解与合成以及图像的时空转换是由扫描系统来完成的。

利用人眼的视觉惰性，在发送端可以将表示图像中像素的物理量按一定顺序逐个传送，在接收端再按同样的规律重现原图像。只要这种处理速度足够快，人眼就会感觉图像上各个像素在同时发亮。在电视技术中，将这种传送图像的方式，即将图像转变成顺序传送的电信号的过程称为扫描，如图 1-4 所示。由图 1-4 可见，摄像管光电导层中形成的电图像在电子束的扫描下顺序地接通每一个点，并连续地将各个点的亮度变化转换为电信号，扫描后得到的电信号经过单一的传输通道传输后，再利用电子束扫描具有电光转换特性的显示屏，将电信号还原为光学图像。在通常情况下，传统电视系统大量使用的电真空摄像和显像器件均采用电子束扫描来实现光电转换与电光转换，随着 CCD（Charge Coupled Device，电荷耦合器件）摄像机及 LCD、PDP 等平板显示器件在现代电视领域的广泛应用，利用各种脉冲数字电路便可实现上述光电转换与电光转换。对每一幅电视图像，电视系统是按照从左至右、从上到下的顺序一行一行地来进行扫描，其中自左至右的扫描称为行扫描，自上而下的扫描称为场扫描。扫描行数越多，对图像的分辨力就越高，图像就越细腻清晰，但电视信号的占用带宽随之增加，对信道的要求也就越来越高。

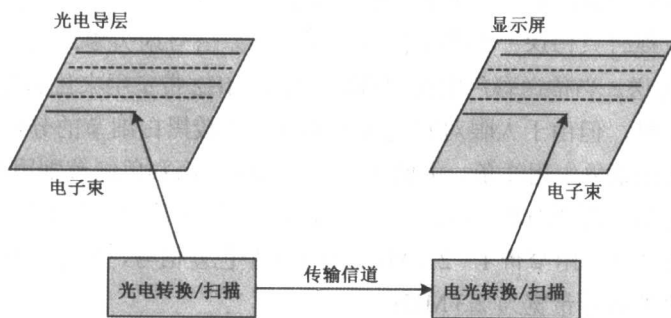


图 1-4 电视系统扫描原理示意图

与电影中相同，为得到连续、无跳跃感的运动图像，电视系统必须在每秒中内至少传输 20 帧以上的图像，以满足人眼对图像连续感的要求。目前国际上存在 25 帧/秒和 30 帧/秒两种帧频制式。然而，每秒 20~30 帧的图像显示速率并不能满足人眼对图像闪烁感的要求。为减少闪烁感，同时又不增加电视系统传输帧频及带宽，在传统电视系统中广为采用隔行扫描方式，它是将一帧电视图像分成两场，第一场传送奇数行，称为奇数场，第二场传送偶数行，称为偶数场。隔行扫描方式较好地解决了图像连续感、闪烁

感与电视信号带宽的矛盾,但随着技术的不断成熟,逐行扫描已经越来越广泛地应用在数字电视与高清晰度电视系统中,与隔行扫描相比,逐行扫描大大增加了图像清晰度,它已经成为现代电视技术的主流扫描方式。

在中国和欧洲大部分国家采用的 PAL 制模拟电视系统中,每幅图像由 625 行扫描线组成,每秒传送 25 帧图像,采用 2:1 隔行扫描,每场包含 312.5 行,屏幕实际上以每秒 50 次的速率被刷新;在美国、日本等国家采用的 NTSC 制电视系统中,每幅图像由 525 行扫描线组成,每秒传送 30 帧图像,为减少闪烁采用 2:1 隔行扫描,每场包含 262.5 行,屏幕实际上以每秒 60 次的速率被刷新。这里需要引起注意的是,并不是所有的扫描行均可见。在 PAL 制 625/50 系统中,每帧只有 575 行为有效行;在 NTSC 制 525/60 系统中,每帧只有 483 行为有效行,另外的 42 行即每场 21 行处于电子束的场回扫和消隐期。

此外,在电视系统中除传送图像与伴音信号外,还需传送同步信号来标记图像行、场扫描的开始与结束,并且在重建图像过程中,在行、场扫描逆程需要使用消隐脉冲来关闭电子束,图像信号、伴音信号、同步信号与消隐信号经过合成,组成复合电视信号。

2. 三基色信号的线性变换

根据三基色原理,自然界中几乎所有的彩色都可以由红 (Red)、绿 (Green)、蓝 (Blue) 三种相互独立的基色按一定比例混合而成,而且自然界中绝大多数彩色均可以分解为 R 、 G 、 B 三种基色。在电视系统中,为节省传送带宽以及实现黑白电视与彩色电视的兼容,通常不传送 R 、 G 、 B 三基色信号,而是传送由线性变换得到的亮度信号 (Y) 及两个色差信号 (C_b 、 C_r 或 U 、 V),其中: $Y=0.30R+0.59G+0.11B$, $C_b=0.56(B-Y)$ 、 $C_r=0.71(R-Y)$ 或 $U=0.49(B-Y)$ 、 $V=0.87(R-Y)$ 。这里 Y 为亮度信号, $(B-Y)$ 为蓝色差信号, $(R-Y)$ 为红色差信号。从 R 、 G 、 B 转换到 Y 、 C_b 、 C_r 或 Y 、 U 、 V 的转换公式不只适用于模拟电视领域,也适用于数字电视领域。

当传送黑白电视时只传送一个亮度信号,两个色差信号均为零,此时亮度信号以 6 MHz 的视频带宽传送。当传送彩色电视信号时,除 6 MHz 带宽用来传送亮度信号外,还要传送两个色差信号,但由于人眼对彩色细节的分辨力较黑白细节的分辨力低,故传送彩色景象时,只传送景象中粗线条、大面积的彩色部分,而彩色细节则用亮度细节代替,其接收重现的彩色仍然清晰逼真。因此,在电视信号实际传送中,用 6 MHz 带宽传送亮度信号,以保证清晰度,用窄带 1~2.5 MHz 传送两个色差信号,进行大面积着色。我国电视标准规定,色差信号带宽为 2.3 MHz。

为了在一个电视频道中同时传送 Y 、 C_b 、 C_r 或 Y 、 U 、 V 这三个信号,可以利用频谱交错原理将窄带的色差信号 C_b 、 U 及 C_r 、 V 分别调制到副载波上,正确选择副载波频率,使其频谱搬移至频带高端,并与亮度信号的频谱实现频谱交错。不同的副载波频率与调制方式就产生了模拟彩色电视 PAL、NTSC 和 SECAM 三大制式。

3. 彩色电视系统

根据人眼的彩色视觉特性,在彩色重现过程中并不要求完全还原原景物图像的光谱,而是需要获得与原景物图像相同的彩色感觉。三基色原理指出:任何一种彩色都可以由