

数字电视

原理、传输与接收

郑雯 翟希山 王志广 赵岩 金正 编著



数字电视原理、传输与接收

郑 雯 翟希山 王志广 赵 岩 金 正 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电视原理、传输与接收 / 郑雯等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2006.5

ISBN 7-115-14359-5

I. 数... II. 金... III. 数字电视 IV. TN949.197

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 023372 号

内 容 提 要

本书在简明扼要介绍数字电视信号的特点及 A/D 转换方法的基础上, 重点介绍数字电视信号的信源、信道编码的必要性及其编解码方法, 数字电视信号的传输与接收方法, 主要技术参数的物理意义及国家标准, 并概括性地介绍了数字电视接收机的组成、工作过程及检修注意事项等。除此之外, 本书还精选了 69 种流行数字卫星电视接收机的 250 个常见故障检修实例, 供维修时对照参考。

本书的读者对象为广播电视系统中从事电视设备的值机及维修人员, 有线电视设计、安装及维护人员, 以及社会上广大的电视机维修人员。本书也可以作为电视机生产厂家技术人员的培训教材及大专院校教学参考书。

数字电视原理、传输与接收

- ◆ 编 著 郑 雯 翟希山 王志广 赵 岩 金 正
责任编辑 申 苹
- ◆ 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 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
河北三河市海波印务有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22
字数: 547 千字 2006 年 5 月第 1 版
印数: 1 - 5 000 册 2006 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-115-14359-5/TN · 2682

定价: 35.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

本书编委会

主 编： 郑 雯 翟希山 王志广 赵 岩 金 正

副 主 编： 俞鲁海 车卫东 吴霄飞 安维涛 高 静

编 委： 王正国 李 岩 齐秀英 吴艳洁 解光文

董 磊 郑文艳 徐 旭 王美亭 赵胜利

汤锦瑶 汤 宁 李清波 王国新 崔连勇

王月忠 王书强 李长青 张旭芹 赵和斌

李永刚 张 强 张 涛

前 言

众所周知,数字电视具有画面清晰度高、颜色逼真丰富、声音质量好、音域宽、频道利用率高、节约频谱资源等特点,并易于开展远程教育、视频点播(VOD)、证券服务、电子商务等以人为本的个性化服务节目,以及易于与通信设备及计算机连网、节目源丰富多彩等一系列优点,尤其是数字高清晰度电视研制成功以后,其画面、声音的质量更高。如果再配以高清晰度电视机,收看电视节目即能享受到35mm宽银幕电影首映时的那种影像逼真,身临其境的效果,因此数字电视是电视技术发展的必然趋势。在我国,随着科学技术的进步以及人们对电视艺术和音响效果越来越高的要求,数字电视完全取代模拟电视的步伐将越来越快。根据《广播影视科技“十五”规划》和2010年的远景规划,我国将在2010年全面实现数字广播电视,2015年停止模拟广播电视的播出。目前,中央电视台已通过卫星转播高清晰度数字电视,并已在上海、深圳等多个城市中实施,其十几套节目及各省、市的综合节目也已实现了数字化,并通过卫星覆盖我国及其周边的一些国家和地区。与此同时,广播电影电视总局决定选择北京、天津、重庆、南京、上海、广州、济南、青岛、佛山、深圳等30个城市及福建、江西、陕西3个省开展有线数字电视试点工作,先行建立有线电视示范网。

数字电视的迅速普及及其技术上一系列的新特点,给广播电视系统技术人员、有线电视从业人员、电视机生产及营销人员、广大电视机维修人员提出了新课题——必须迅速了解并掌握数字电视信号的产生方法、传输特点及接收过程,并熟悉数字电视设备及接收机的工作原理、关键电路的工作过程,以便能得心应手地从事维护、维修工作,做到准确、快速地分析故障、排除故障,本书就是针对这种需求而编写的。

本书在内容上涵盖了数字电视信号从产生、传输到接收的全过程,因而在篇章结构上也相应地分为原理、传输与接收既连贯又相对独立的三个部分。其具体内容分别为:数字电视信号的产生,图像、伴音信号的压缩编码方法及信源编码的H.261、JPEG及MPEG等国际标 准;数字电视信号的传输特点,各种检、纠错编码方法,载波调试方法及卫星、地面、有线三大传输方式的具体特点和方法;数字电视信号的接收特点,卫星、地面、有线三大数字电视信号的接收方法及其接收机的组成、工作原理和主要工作过程。

本书在编写上力求做到重点突出、浅显易懂、言简意赅。首先,简明扼要地介绍了数字电视信号与模拟电视信号的区别,信源编码的必然性及信道编码的必要性;其次,用图示和举例的方法代替繁琐的数学推演,用物理概念阐明了常用的几种编码方法;第三,从对电视图像及伴音质量的影响出发,力求清晰阐述我国的有线广播数字电视标准、卫星广播数字电视标准各参数指标的意义。除此之外,考虑到同一厂家生产的同一型号的产品,因电路相同,选用元器件的型号、数值、性能相同,故发生的故障现象、故障产生的部位及损坏的元器件均有很大的雷同性,因此书中精选整理了69种流行数字卫星接收机的250个常见故障检修实例,供有关人员维修时对照参考。

本书主要供广播电视系统中从事电视设备的值机及维修人员,有线电视设计、安装及维护人员,广大彩色电视机维修人员阅读,也可作为电视机生产厂家技术人员的培训教材及大

专院校相应专业的教学参考书。

本书在编写过程中得到安永成教授、刘健教授及其他专家、学者的指教，在此一并致谢。由于编著者们水平有限，书中不当之处在所难免，敬请读者批评赐教。

编著者

目 录

第 1 篇 数字电视原理

第 1 章 概述	1
1.1 模拟电视的固有缺陷	1
1.2 数字电视、数字化电视与高清晰度电视的特点	3
1.3 数字电视的突出优点	5
1.4 数字电视图像的主观评价	6
第 2 章 数字电视信号的产生	8
2.1 数字信号的特点	8
2.2 数字信号产生步骤一——抽样	9
2.3 数字信号产生步骤二——量化	12
2.4 数字信号产生步骤三——编码	15
第 3 章 视频信号编码方式与演播室编码标准	17
3.1 视频信号编码方式	17
3.2 演播室分量电视信号数字编码标准——CCIR-601 号建议	18
3.3 演播室音频信号编码标准	22
3.4 演播室数字信号接口标准与辅助数据	23
3.5 演播室数字信号切换与系统检测	25
3.6 数字图像信号模式转换——抽选与内插	25
第 4 章 信源编码技术一——数字图像信号压缩编码	27
4.1 数字图像信号数码率压缩的必要性与可行性	27
4.2 数字图像信号压缩编码的基本原理、种类及特点	30
4.3 数字图像信号差值编码与预测编码 (DPCM)	31
4.4 数字图像信号转换编码与离散余弦转换	32
4.5 数字图像信号熵编码	38
4.6 数字图像信号运动补偿编码	39
4.7 新一代数字图像信号压缩编码技术简介	43
第 5 章 信源编码技术二——数字音频信号压缩编码	46
5.1 音频信号的种类及其质量特性	46
5.2 数字音频信号压缩的必要性与可行性	47
5.3 数字音频信号常用的压缩编码方法	51
5.4 MUSICAM 压缩编码方法	52
5.5 AC-3 环绕立体声压缩编码方法	54
5.6 MPEG 音频压缩编码标准	57
5.7 常用音频编码标准的有关参数及应用情况	65
5.8 模拟电视数字音频技术——NICAM-728 简介	65

第 6 章 信源压缩编码国际标准简介	70
6.1 图像信号压缩编码标准——H.261	70
6.2 图像信号压缩编码标准——JPEG	76
6.3 图像信号压缩编码标准——MPEG-1	78
6.4 图像信号压缩编码标准——MPEG-2	82
6.5 图像信号压缩编码标准——MPEG-4、MPEG-7、MPEG-21	89
6.6 图像信号压缩编码标准——ITU-R BT.201、JVT、AVS	91

第 2 篇 数字电视传输

第 7 章 信道编码技术——码型选择与误码控制	93
7.1 概述	93
7.2 码型设计与选择原则	94
7.3 二元码的种类与特点	95
7.4 误码产生的原因及信道性能优劣的判断	99
7.5 检纠错编、解码的基本原理、种类及特点	102
7.6 常用随机误码检纠错编、解码方式	105
7.7 突发性误码检纠错编、解码（一）——比特交织码	108
7.8 突发性误码检纠错编、解码（二）——循环码（CRC）	111
7.9 突发性误码检纠错编、解码（三）——里德·索罗门（RS）码	114
7.10 突发性误码检纠错编、解码（四）——卷积编码	119
7.11 级联编码系统——外码与内码	122
第 8 章 信道编码调制二——数字信号的载波调制	123
8.1 数字信号传输方式与特点	123
8.2 数字信号三种基本调制方式及其优缺点	124
8.3 多进制数字信号调制系统——QPSK、QAM 及 VSB 简介	128
8.4 数字电视传输中常用的调制方式及其特点	132
8.5 数字电视信号的信息速率及其频带宽度	132
第 9 章 数字电视主要传输方式及 DVB 标准	134
9.1 数字电视 3 种主要传输方式及其标准	134
9.2 DVB 标准、特点及适用的传输媒介	136
9.3 DVB 广播电视传输系统组成及其各部分的作用	137
9.4 DVB 广播电视传输系统核心技术简介	139
9.5 DVB 广播电视传输系统性能指标	142
第 10 章 有条件接收及 DVB 有条件接收传输系统	144
10.1 有条件接收及其总体要求	144
10.2 有条件接收系统对加解扰技术的基本要求	148
10.3 加解扰技术的种类及其特点	148
10.4 数字电视信号加解扰与加解密的基本过程	150
10.5 有条件接收系统基本组成及各部分的作用	152
10.6 MPEG-2 及 DVB 标准中关于有条件接收（CA）的规定	153

10.7	DVB 有条件接收系统的主要技术特点	154
10.8	可寻址加解扰系统简介	157
10.9	智能卡加解扰系统简介	159
第 11 章	数字电视信号卫星传输系统	161
11.1	卫星电视广播基本知识	161
11.2	卫星电视广播系统组成及各部分的作用	163
11.3	卫星电视广播频段划分	164
11.4	我国数字电视卫星传输标准	166
11.5	中央电视台 CCTV-3、5、6、8 套加密节目卫星传输标准——DC-2 简介	167
11.6	数字电视卫星直播传输系统简介	169
11.7	中国 CBTv 数字电视卫星直播传输系统简介	171
第 12 章	数字电视信号有线传输系统——DVB-C	174
12.1	有线电视基础知识	174
12.2	数字有线电视信号传输等级与传输模式	178
12.3	数字 HFC 传输网络一般组成及各部分的作用	180
12.4	世界数字有线电视 3 种主流标准简介	183
12.5	我国数字有线电视行业标准——GY/T 170—2001 简介	185
12.6	数字有线电视系统主要技术指标的意义及其测量方法	192
第 13 章	数字电视地面传输系统	194
13.1	数字电视地面开路传输的特点	194
13.2	数字电视地面传输常见干扰及克服方法	196
13.3	世界流行的 3 种数字电视地面传输系统简介	198
13.4	国际电信联盟 (ITU-R) 数字电视地面传输模型简介	199
13.5	HDTV 地面传输技术简介	200

第 3 篇 数字电视接收

第 14 章	数字卫星电视信号接收技术	203
14.1	数字卫星电视信号接收方法与特点	203
14.2	数字卫星电视下行信号的技术参数及其意义	205
14.3	目前我国可接收的主要数字、模拟卫星电视节目下行信号参数介绍	208
14.4	数字卫星电视信号接收系统组成和各部分的作用	217
14.5	数字卫星电视接收天线的仰角、方位角与极化角	220
14.6	数字卫星电视接收天线的种类与选购注意事项	221
14.7	数字卫星电视接收天线安装注意事项	225
14.8	数字卫星电视接收天线调试注意事项	229
14.9	常用的几种“寻星”方法介绍	234
14.10	“雨衰”及天馈系统的常见故障及检修方法	236
14.11	卫星电视信号接收、有线入户“村村通”系统简介	240
第 15 章	数字卫星电视接收机原理与常见故障检修	247
15.1	数字卫星电视接收机种类及其技术特点	247

15.2	数字卫星电视接收机主要技术指标	249
15.3	数字卫星电视接收机使用注意事项	252
15.4	数字卫星电视接收机组成及各部分的作用	253
15.5	第三代数字卫星电视接收机技术特点、电路结构及工作过程	255
15.6	数字卫星电视接收机电源部分常见故障及检修方法	256
15.7	数字卫星电视接收机其他部件常见故障及检修方法	261
15.8	数字卫星电视信号接收、有线入户——“村村通”产品电路组成与 常见故障检修方法	264
15.9	69 种流行数字卫星电视接收机 250 个故障检修实例精选	267
第 16 章	数字有线电视信号接收技术	283
16.1	普通彩色电视机接收有线电视信号存在的问题	283
16.2	数字有线电视信号兼容性彩色电视机接收方式	284
16.3	数字有线电视信号机顶盒接收方式	288
第 17 章	数字电视机顶盒	289
17.1	常用数字电视机顶盒种类与特点	289
17.2	广电总局关于数字电视机顶盒的几项主要规定	291
17.3	数字电视机顶盒关键技术及其发展方向简介	291
17.4	数字电视机顶盒的一般组成及各部分的作用	294
第 18 章	交互式电视 (ITV)	298
18.1	交互电视的种类及其特点	298
18.2	交互电视网的一般组成及各部分的作用	299
18.3	交互电视关键技术简介	301
18.4	交互电视机顶盒的组成及各部分的作用	303
第 19 章	数字地面电视信号接收技术	306
19.1	概述	306
19.2	数/模兼容电视接收机的组成及各部分的作用	306
19.3	美国 ATSC 8-VSB 制式接收技术简介	308
19.4	欧洲 DVB-T 制式接收技术简介	311
19.5	数字 HDTV 接收技术简介	311

附 录

数字电视常用缩略语、术语英汉对照	314
参考文献	341

第 1 篇 数字电视原理

第 1 章 概 述

随着科学技术的发展，特别是数字技术的日趋成熟，人们渴望看到更清晰的电视图像，更逼真的色彩，更优美的伴音，更具有身临其境的感觉，能够满足人们这种需求的就是高清晰度数字电视。

本章在扼要介绍模拟电视固有缺陷的基础上，重点介绍数字电视、数字化电视、高清晰度电视的区别及数字电视的优点。

1.1 模拟电视的固有缺陷

众所周知，电视机是集电、磁、光、声于一体的高科技家电产品，先后经历了电子管电视机、晶体管电视机、集成电路电视机到目前的超大规模集成电路电视机 4 次更新换代。特别是目前市场上流行的背投影彩色电视机、PDP 等离子彩色电视机、LCD 彩色电视机、“数字高清”彩色电视机，由于采用了大量的数字技术，使其图像、伴音及其他各项技术指标均达到了很高的水平。可以这样说，目前的模拟电视虽已达到了近乎完美的程度，但其固有的缺陷也逐步凸显出来。

大家知道，世界各国播出的模拟电视制式是 20 世纪 40~50 年代逐步研制和完善起来的。受当时技术水平的限制，图像传输普遍采用隔行扫描方式，即把一帧图像分成两场：第 1 场传送奇数行，称奇数场；第 2 场传送偶数行，称偶数场。在接收端再将两场组合起来。以 PAL 制式为例，图像帧扫描频率为 25Hz，场扫描频率为 50Hz，行扫描的频率为 15625Hz。这样做的目的，一是为了降低电网（频率为 50Hz）及其纹波对电视画面的干扰，二是为了降低视频信号的频带宽度。另外，图像采用残留边带式调幅制，伴音采用预加重调频制。

概括起来模拟电视有以下缺点。

一、隔行扫描容易造成并行现象、视在并行现象及垂直边缘锯齿化现象

1. 并行现象

在理想同步的情况下，电视机中偶数场的扫描线与奇数场的扫描线非常均匀地组合在一

起，呈现出一副清晰的电视画面。由于各种原因一旦发生同步误差，奇、偶两场的扫描线便不能均匀地镶嵌在一起。严重时二者完全重合，此时图像的垂直清晰度将比理想情况下降一半。从统计学角度看，隔行扫描图像的垂直清晰度只能达到理想值的 75%。

2. 视在并行现象

当电视传送垂直下落的物体画面时，假如物体下落的时间恰好是一场的时间，那么后一场传送的画面将与前一场完全相同，即使没有同步误差，此时图像清晰度仍然会下降一半。

3. 垂直边缘锯齿化现象

当电视传送水平运动的物体画面时，若物体运动的速度足够快，即后一场的画面较前一场的画面向右（或向左）移动了一个小位移，此时必然造成奇、偶两场画面在水平方向上不一致。显然奇、偶两场画面组成一帧图像时，将会使画面的垂直边缘呈锯齿化现象。

二、50Hz 场扫描会使画面高亮度区产生闪烁

现代医学研究表明，人眼对闪烁的敏感程度随画面亮度的增加而加剧。通常认为，人眼的临界闪烁频率为 72~75Hz。一般亮度下，目前 25Hz 帧频、50Hz 场频的电视画面，观众不会感到闪烁。但在高亮度下，特别是观看某些特殊画面时（例如在垂直方向上黑白相间的画面），闪烁现象就显得相当明显，这样极易引起眼睛疲劳，对视力不利。

三、PAL 制彩色电视制式特有的亮色干扰及行爬行（行蠕动）效应

在 PAL 制彩色电视制式中，采用了对色度信号中的 V 信号逐行倒相的方法来减小图像的彩色失真。若一旦彩色电视机中的色度解码电路存有解调误差，便会造成相邻行之间色度信号的幅度不相等。这样一方面会引起相邻行间图像亮度发生变化，另一方面还会引起串色失真。对黑白图像，容易感觉到有明暗相间的行结构慢慢由下向上爬行；对彩色图像，当发生低频串色时会引起大面积彩色爬行，当发生高频串色时会引起图像边缘彩色爬行。图像的色饱和度越强，则爬行效应越明显。

另外，由于彩色副载波所携带的色度信号处于亮度信号的频带内，尽管技术上采取了种种措施，亮度和色度信号之间的相互干扰仍然难以彻底清除。

以上是 50Hz、隔行扫描制式存在的固有缺陷。目前生产的各种类型的“高清”彩色电视机，由于采用了数字变频、逐行扫描技术，这种缺陷已得到了较好的克服。

四、受 6MHz 或 8MHz 频带宽度的限制，图像清晰度不会很高

大家知道，电视广播中包括图像信号传送和伴音信号传送两部分，二者共同占有 8MHz（SECAM、PAL 制）或 6MHz（NTSC 制）的带宽。为便于电视机中两种信号的分离，二者之间必须有一定的间隔，以 8MHz 带宽为例，图像信号的实际频率宽度为 5.5MHz。因此，电视画面的清晰度充其量为 440 线。实际上，模拟电视信号传输的信号多经反射造成的重影干扰、噪声积累及放大器引起的线性和非线性失真，还会使画面清晰度进一步下降。因此，8MHz 的频带宽度远远满足不了人们对其清晰度日益提高的要求。

五、模拟电视信号越来越不适应目前及今后各种数字化设备的要求，也不适应国际间电视节目的交换

目前，世界已进入信息化、数字化时代，各种用途的互联网已遍及各系统、各单位。特

别是 Internet 已跨越国界,以惊人的速度向一般家庭普及。计算机已成为人们获取和处理各种信息必不可少的工具。模拟电视信号难以在互联网中存储、转换及传输,已经不适应上述各种数字化设备的要求。历史上形成的三大模拟彩色电视制式(NTSC、SECAM 及 PAL 制)很难在同一个传输网络中交换、传输。在数字电视中视频信号的编码已实现了统一,大大方便了各国之间的节目交流,同时也为组建国际间的数字图像通信网在技术上提供了可行性。

另外,模拟电视节目本身的编辑、加工及制作各种“特技”画面相当麻烦,节目保存也遇到了难以克服的困难。例如,45min 的模拟节目录像带的体积与一本厚书相当。一个建台四五十年的电视台欲把播出过的所有节目保存起来,其所需录像带的总数与占用的库房就是一个相当大的负担。这些问题在模拟电视数字化之后都会迎刃而解。

由上可见,模拟电视信号已不符合时代的要求,电视信号数字化是其发展的必然趋势,下面将会看到电视信号数字化后,不仅上面这些问题得到迎刃而解,而且还会带来许多意想不到的好处。

1.2 数字电视、数字化电视与高清晰度电视的特点

目前,人们貌似熟悉数字电视、数字化电视与高清晰度电视等概念,实际上都不完全理解其中的真正含义。为了准确地把握数字电视、数字化电视和高清晰度电视的科学概念,下面从技术角度扼要介绍它们的确切含义。

一、数字电视

1. 数字电视的技术含义

数字电视实际上是数字电视系统的简称,是继黑白电视、彩色电视之后的第三代电视。概括起来讲,就是从电视画面和伴音的摄录开始,包括节目的剪辑、合成、存储等各个环节在内,以及经传输直到接收、显示的全部过程,统统实现了数字化和数字处理的电视系统。说得通俗一点,数字电视就是将模拟图像信号和伴音信号转变为数字信号并进行数字信号处理、存储、控制、传输和显示的系统。

把模拟图像信号和伴音信号转变为数字信号,是指将电视画面的每一个像素、伴音的每一个音节都对应地用二进制数码脉冲来表示,整幅画面、整个伴音、整套电视节目乃至欲传送的整个内容,均按特定的规律编成二进制数码序列;然后进行数字信号处理、存储、控制、传输,即对二进制数码序列的处理、存储、控制、传输;最后电视发射台通过架设在发射塔上的发射天线向空中发射数字化电视信号。卫星电视地面上行站向同步卫星上发射的电视信号,以及有线电视电缆中传输的电视信号均是高比特率(数码脉冲的传输单位)数码脉冲序列;数字电视信号的显示虽然也是通过电视接收机——数字电视接收机来实现的,但其电路结构和工作过程与目前流行的电视接收机有很大不同。从信号接收到放大、解码等一系列“加工”处理过程,均为数码脉冲流的处理过程。在这个过程中没有 D/A(数/模)或 A/D(模/数)转换,仅在 CRT 显像管激励终端,数字视频信号经数/模转换为负极性的模拟图像信号,使显像管荧屏显示高清晰画面。在扬声器功率推动终端,数字音频信号经数/模转换为模拟伴音信号,用扬声器还原出近似现场的立体声效果。

顺便指出,数字电视接收机只是数字电视信号终端显示设备之一;数字录像机(DVTR)、

DVD 或 VCD 等也是数字电视的终端接收显示设备。在目前模拟电视向数字电视的过渡阶段,采用数字机顶盒(STB)或调制解调器(Modem)加上模拟电视接收机接收显示数字电视信号的方法,是世界上流行的一种方法。

2. 数字电视的种类

数字电视按对数字信号的处理性质可分为节目制作、一次分配、二次分配、发送和接收;按传输媒介可分为卫星传输系统、地面(开路)传输系统和有线电视传输系统;按使用对象可分为消费类、专业类和演播室类;按图像清晰度的高低或传输视频(活动图像)比特率的大小可粗略划分为 3 个等级:普及型数字电视(PDTV)或称低清晰度数字电视(LDTV),画面显示清晰度为 300 线(视频比特率为 1~2Mbit/s);标准清晰度数字电视(SDTV),画面显示清晰度为 350~600 线(视频比特率为 3~8Mbit/s);高清晰度数字电视(HDTV),画面显示清晰度为 800~1000 线(视频比特率为 18~20Mbit/s)。

与上述 PDTV、SDTV、HDTV 相对应,数字电视——不借助于机顶盒或其他装置而直接接收地面数字电视广播信号或有线数字电视信号的电视,也分为低清晰度电视(LDTV)、标准清晰度电视(SDTV)及高清晰度电视(HDTV)三种。HDTV 在目前的数字电视中档次最高,通常 HDTV 的图像清晰度在水平和垂直方向上各是现有电视的 2 倍。信息量比现有电视增加 5 倍,扩大了彩色重显范围;画面宽高比由 4:3 变为 16:9,具有高保真多声道环绕立体声。此外,现有电视的图像格式和帧速率是固定的,节目制作者和接收者都无法改变,但 HDTV 在这方面很灵活,能提供多种图像格式,如 1920×1080 像素、1280×720 像素等;能提供多种帧速率,如 23.976/24、29.97/30、59.94/60 等;扫描方式既可隔行也可逐行。

二、数字化电视

数字化电视(或者叫数码电视)是数字化电视机的俗称,是在现有模拟彩色电视的电路中,采用了多种数字化处理技术,如 3D/5D 数字化图像处理技术、数字画中画技术和 NICAM(丽音)数字伴音技术等。采用了这些数字化处理技术的彩色电视机,大大提高了画面清晰度,获得了更好的图像、声音质量,并增加了电视机的功能。但从本质上讲,数字化电视机仍属于模拟电视机的范畴。数字化电视机与数字电视机之间的最大区别是数字化电视机接收的是模拟电视信号,无法接收数字电视信号;两者的共同点是图像信号处理部分都采用了数字化技术。目前市场上热炒的数码电视机、“高清”电视机均属于数字化电视机。

三、高清晰度电视(HDTV)

上面已对高清晰度电视的视频比特率、清晰度作了介绍,CCIR(国际无线电咨询委员会,现改名为 ITU-R)的 801 报告早就对 HDTV 作过描述。高清晰度电视应是这样—一个系统:具有正常视觉的观众,在距该系统显示屏高度的 3 倍距离上,所看到的图像质量应具有观看原始景物或表演时所得到的质量。这就要求 HDTV 图像的水平与垂直分解力较常规电视都提高 1 倍以上,其图像扫描线在 1000 行以上,每行 1920 像素,信息是常规电视的 5 倍多;其显示屏宽高比为 16:9,水平视角 30°,更符合人们的视觉特性;其图像质量可与 35mm 电影首映质量媲美;其伴音则采用多个声道,如采用 5 个声道(左、右、中、左后、右后),具有环绕立体声效果,并可加一个重低音声道,每个声道的收听质量与激光唱盘(CD)相当。目前,世界各国的 HDTV 毫无例外地均采用数字电视信号及数字传输技术。

HDTV 目前尚无统一的国际标准,一些有影响的国际组织及一些从事 HDTV 研究较早的

国家，相继提出一系列技术规范和标准，其内容包括以下几点。

1. 图像尺寸及宽高比

主观评价实验表明，画面尺寸越小，图像质量主观感觉越好；图像尺寸越大，重现图像的真实感越强。对高清晰度电视而言，画面面积应超过 8000cm^2 ，此时图像的真实感及临场感好；画面宽高比应为 16:9。

2. 扫描行数与场频

根据人眼视觉系统的空间频率响应和主观评价的结果，当观看距离为显示屏高度的 3 倍以上时，HDTV 的扫描行数要求在 1200 行左右，此时图像质量的主观评价良好。目前已提出 1050 行、1125 行和 1250 行几种制式，最好为 1250 行。

在现行模拟电视制式下，在观看距离为 2m、收看全白画面时，场频为 50Hz 时看不到闪烁的最高亮度为 $60\sim 70\text{cd/m}^2$ ；场频为 60Hz 时，可提高到 100cd/m^2 ；当场频为 100Hz 时，则完全清除了大面积闪烁。因此，高清晰度电视的场频应达到 100Hz。

3. 隔行扫描比

主观评价实验认为，HDTV 系统采用 2:1 的隔行扫描比较合适。倘若 HDTV 用于电影制作，则不能用隔行扫描而必须采用逐行扫描。

4. 音、色信号传送方式与带宽

人眼视觉系统的彩色感觉特性与亮度感觉特性相比较，前者频带比后者窄得多。同时考虑到为传输彩色图像信息方便起见，采用亮、色信号分离的传输方式是最好的方法。亮度信号的带宽与扫描行数及画面宽高比有关，在 2:1 隔行扫描、9:6（或 5:3）幅度的情况下，其扫描行数分别为 1050 行和 1125 行时，亮度信号的带宽将分别为 21.9MHz 和 25MHz，比现行 625 行电视制式宽得多。为适应近距离观看时的主观评价要求，其亮度信号带宽与色度信号带宽之比约为 3:1。

1.3 数字电视的突出优点

数字电视除了能克服上述模拟电视的五种固有缺陷外，还具有以下优点。

一、信号电平稳定可靠、传输距离远、质量高

数字电视信号以二进制数码脉冲的形式出现，它只有非常容易区分的“0”和“1”两种电平信号，因而不受电源波动、器件非线性的影响，在传输过程中能保持稳定、可靠。由于其电平信号是固定的，故可以采用再生技术恢复其原来的幅度，有效避免了模拟信号经多次中继（或复制）后发生的失真、干扰和噪声的积累，采用纠错编码技术后还可进一步提高其抗干扰能力。所以数字电视信号在传输中能保持信噪比基本不变，使接收端图像、伴音与发送端基本一样，传输距离不受限制。

二、数字化设备相对于模拟设备而言体积小、重量轻、能耗低、工作可靠

数字信号一般均可采用大规模或超大规模集成电路进行处理，因而功耗低、设备体积小、重量轻、工作稳定可靠。

另外，数字电视发射设备在相同覆盖服务区所需的平均功率，比模拟电视发射设备的峰

值功率要低一个数量级。比如，模拟 MMDS（Multipoint Microwave Distribute System，多点微波分配系统）的接收电平最低为 56dB，而数字 MMDS 在 64QAM 调制下接收电平仅为 39dB，也就是说数字电视发射设备的覆盖范围比模拟电视相同功率发射设备的覆盖范围大几倍。

三、频谱资源利用率高

对于卫星电视而言，一套模拟电视节目要占用 36MHz 带宽的卫星转发器，对地面电视或有线电视而言要占用 8MHz 的频带。而数字电视采用压缩编码技术后，在 36MHz 带宽的卫星转发器中可传送 5 套 SDTV 节目，画面清晰度约 400 线；在一个 8MHz 频道内可传送 4 套以上的 SDTV 节目。这就是说，在有限的频谱资源内，可安排更多的电视频道，为模拟电视频道的 4 倍甚至更多。

四、易于实现条件接收，并能提供全新的服务功能，开拓新的增值业务

数字电视信号容易进行加扰/加密，有利于信息安全，同时便于实行付费电视、视频点播及交互式电视；在数字电视系统中可以互不干扰地同时传送文字、数据、语音、静止图像等多种数字信息；数字电视网可与计算机网、电信网互连互通，不仅使信息资源更为丰富，还可以增加用户与各种信息源之间的交互性，实现用户自由点播节目、电子商务、网上购物、网上教学、网上医疗、网上游戏等多种高速数据业务（在 8MHz 带宽内采用 64QAM 调制，可以达到 32~38Mbit/s 的数据传输速率）。在完成电视广播主功能的前提下，开拓新的增值业务。

五、灵活友好的人机界面，使设备操作、调试、维护更为简单，易于实现智能化

数字电视设备易于和计算机连网，灵活和实用的人机交互界面，使设备操作维护更为简单。进行软件开发后，很容易实现值机、维修智能化。除终端电视显示器件外，其余设备一般均可实现系统集成，便于进行大规模生产，因此通用数字设备价格相对低廉，更便于推广普及。

1.4 数字电视图像的主观评价

数字电视系统的优劣，最终应体现在接收端电视图像和伴音的质量上，特别是电视图像的好坏，更能体现系统的性能。

图像质量的评价分为主观评价与客观评价两种：主观评价是通过人眼睛的观察采用通用的分级标准，对电视图像进行评级打分，得出其质量好坏的结论。

CCIR 将主观评价标准分为 3 种类型，即损伤制、质量制及比较制。评分等级分为五级或七级，五级适用于标准清晰度电视图像，七级适用于高清晰度电视图像。五级及七级评分法的具体内容及两者之间的关系如表 1-1 所示。

客观评价是使用规定的测试信号和测试方法，利用测量仪器定量地测试出信号的损伤程度。

对于数字电视系统，由于客观测量与评价方法尚在研究和完善之中，所以采用什么样的主观评价方法来评价数字电视系统的性能优劣就显得更为重要。

表 1-1

五级和七级图像质量主观评价的分级标准

CCIR 第 500 号推荐书中的 五级评分等级	评 分 等 级	高清晰度采用七级评分等级	评 价
	7	不能觉察到任何图像损伤	特别好
	6	刚能觉察到有图像损伤	相当好
优	5	不同程度的觉察，但有轻度的图像损伤	很好
好	4	图像有损伤，但不令人讨厌	好
稍差	3	有些令人讨厌的图像损伤	稍差
很差	2	图像损伤已令人讨厌，但尚可忍受	很差
劣	1	非常令人讨厌的图像损伤，无法收看	劣

无论是客观评价还是主观评价，对图像质量可以按照清晰度、灰度层次、信噪比、景物的真实感、景物的立体感、图像尺寸、彩色重现性、黑斑效应、会聚与配准、行结构干扰这 10 项要求来进行客观评价与主观评价。