

数字电视

实用技术

高宗敏 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

数字电视 实用技术

高宗敏 编著



中国电力出版社

www.cepp.cpm.cn

内 容 提 要

书中本着通俗易懂、简单实用的原则,深入浅出的介绍了数字电视系统各个部分的组成以及系统设计、调试和测量的实用技术,是广播电视系统及相关专业人员了解、掌握数字电视技术的最佳入门读物。

本书全面介绍了数字电视系统从编码压缩、复用、调制到纠错的工作原理和系统组成,以及机顶盒的操作、条件接收的实现等内容。同时书中还对交互式电视、流媒体等前沿技术做了相应介绍。最后重点叙述了各种数字电视系统的设计、调试、测量及整体平移的工程实例。

图书在版编目(CIP)数据

数字电视实用技术/高宗敏编著. —北京:中国电力出版社, 2005.8

ISBN 7-5083-3456-6

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 076724 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 9 月第一版 2005 年 9 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 9.125 印张 237 千字

印数 0001—4000 册 定价 18.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言



以计算机、网络为基础的信息技术飞速发展,当前最贴近大众的传播媒体——广播电视,正面临着一次根本的变革,即从模拟电视向数字电视的过渡。我国数字电视整体平移的时间表已经确定,到2015年全部转换完成,模拟电视节目停止播出。

数字电视不是简单的接收终端——彩色电视机的更新换代,而是广播电视节目从制作、传输到播出、接收的全系统数字化转换。系统改造和平移工程尚处于试点阶段,从设计、安装到调试、测量、运行各阶段工作都存在这样那样的问题。希望通过本书的编写,能帮助从事数字电视系统设计、安装、调试的工程技术人员解决实际工作中遇到的问题。

书中本着通俗易懂、简明实用的原则,力求以浅显的语言,讲清深奥、抽象的理论知识,使一般广播电视系统及相关专业的技术人员能够看得懂、用得上。同时书中还附有各种数字电视系统的工程实例以供参考。

本书内容涵盖面广,系统、全面地介绍了数字电视从编码压缩、复用、调制到纠错的工作原理以及系统组成、机顶盒操作、条件接收的实现等内容。同时书中还对交互式电视、流媒体技术做了相应的介绍。最后重点叙述了数字电视系统的设计、调试、测量及整体平移的工程实例。

本书可供广播电视系统的工程技术人员参考使用,也可作为大中专院校相关专业的学生培训教材。

编者

目 录



前言

第一章 步入数字电视时代..... 1

第一节 21 世纪是信息革命的时代 1

第二节 我国对数字电视发展的规划..... 2

第三节 数字化的优点..... 2

第四节 数字电视的分类..... 4

第二章 从模拟电视到数字电视 11

第一节 模拟信号与数字信号 11

第二节 模拟信号转换为数字信号的过程 13

第三节 数字视音频信号与数据 17

第四节 数字视频信号的编码方式和格式 19

第五节 信源编码与信道编码 21

第六节 数字通信系统的主要性能指标 25

第七节 数字电视的主要标准 27

第三章 数字压缩编码原理 30

第一节 概述 30

第二节 视频信号的压缩编码 32

第三节 音频信号的压缩编码 40

第四节 MPEG-2 标准 44

第四章 数字信号的复用与调制 51

第一节 复用的作用及复用方式 51

第二节 时分复用原理 58

第三节 数字信号的载波调制 60

第四节 数字电视系统中采用的主要调制方式 61

第五章 纠错原理 71

第一节 差错控制的基本概念 71

第二节	数字电视系统中采用的主要纠错方法	74
第六章	数字广播电视系统的组成	92
第一节	有线数字电视系统的组成	92
第二节	卫星数字电视系统的组成	108
第三节	地面数字电视系统的组成	110
第四节	各种数字电视系统的差别	113
第七章	数字电视机顶盒	116
第一节	概述	116
第二节	有线数字电视机顶盒的结构	120
第三节	软件机顶盒	122
第四节	数字电视机顶盒的使用和操作	124
第八章	数字电视收费系统——条件接收 (CA) 系统	136
第一节	概述	136
第二节	数字电视 CA 系统的工作原理	137
第三节	数字电视 CA 系统的结构	140
第四节	加密原理	145
第五节	同密和多密模式	148
第九章	交互式电视 (ITV)	153
第一节	概述	153
第二节	交互式电视系统的组成	160
第十章	网络电视——流媒体技术	165
第一节	未来数字电视的热点——流媒体技术	165
第二节	何为流媒体及其优越性	165
第三节	流媒体的传输和控制	169
第四节	在因特网上流传输的过程	172
第五节	流媒体系统的结构	174
第六节	流媒体的播放方式及应用	176
第七节	流媒体的主流产品及存在的问题	179
第十一章	双向有线数字电视系统的设计、调试和测量	182
第一节	双向 HFC 系统设计原理	182

第二节	反向通道的设计、调试和测量	200
第三节	光链路的设计	219
第四节	电缆分配网的设计	229
第十二章	数字电视系统工程实例	235
第一节	广播型数字电视系统	235
第二节	双向交互式数字电视系统	248
第三节	光缆网建设方案	258
附录	常用缩略语	274
参考文献		281

第一章 步入数字电视时代

第一节 21 世纪是信息革命的时代

人类在发展生产力的过程中经历了两次重大的革命：

1. 18 世纪开始的工业革命 随着机械时代和蒸气机时代的到来，使生产率得以大幅提高。

2. 始于 20 世纪末期的信息革命 信息革命的含义是信息的收集、处理和发布的变革。信息革命将实现信息的大容量、远距离、高效率、多信源以及保密性、可靠性、智能化等目标。

信息革命的一个标志是 1993 年 9 月美国提出“国家信息基础结构”行动计划的政府报告，宣布将投资 4000 亿美元，用 20 年时间建成美国国家信息基础结构（英文缩略语为 NII），俗称“信息高速公路”。

21 世纪常称为信息革命的时代。信息革命的主要内容是数字化和网络化，而数字化又是网络化的基础，是基于计算机技术、多媒体技术和现代通信技术的一次信息革命。

广播电视也面临着信息革命的艰巨任务，广播电视网属于通信网络，任何网络都可分为硬件和软件两部分。

任何网络的硬件部分均由节点和传输线路两部分组成。所谓节点是由各种设备构成，如路由器、放大器、终端设备、变换器、前端设备、编码器、复用器、调制器等设备，所谓传输线路则由光纤、电缆、五类线、微波通道和卫星通道等构成。

软件部分则由信号压缩编码方式、信号传输协议、信号控制协议等软件构成。

硬件设备应服从于软件的要求，不同的软件对应于不同的硬件设备。

至于传输线路，如光缆，只是一种传输媒介，它既可以传输

数字信号也可以传输模拟信号。我国已建成大规模的 HFC（光纤、电缆混合网）网，已经传输模拟电视信号有十多年之久，但传输的大多数是单向模拟广播电视信号。现阶段的主要任务是由传输模拟信号向传输双向数字信号整体转换。

第二节 我国对数字电视发展的规划

国家广播电视总局，2003 年发布了广发技字 [2003] 440 号文件，即发布《我国有线电视向数字化过渡时间表》的通知。通知要求：

- 1) 2005 年我国有线数字电视用户超过 3000 万户。
- 2) 2008 年地（市）级以上城市基本完成向数字化过渡。
- 3) 2010 年基本完成向数字化过渡。
- 4) 2015 年停止模拟广播电视的播出。

因此，我国数字电视的发展已经到了一个迫切需要解决的阶段。

第三节 数字化的优点

目前我国各大城市均能收看四十套以上的电视节目，并且图像质量还比较满意。那么，为什么要提出向数字化过渡的要求呢？这就不能不从数字化的优点，即数字通信的优点谈起。

数字通信的优点概括如下：

1. 扩展了传输距离，提高了信号质量 由于采用判决识别来接收每一个码元，因此在噪声干扰较小，不造成误判的条件下，经过判决识别再生后，就可完全把噪声干扰清除掉，再生出“干净”的波形继续传输。因此，可以多次再生中继，不致因传输距离的增加而引起噪声积累，可实现长距离高质量的传输。提高了信号质量。

2. 数字信号便于处理 易于采用数字压缩编码技术，显著

降低信号的码率，提高通信的有效性。易于采用数字信道编码技术，进行检错和纠错，显著提高抗干扰能力，提高通信的可靠性。易于加密，提高通信的安全性。

3. 为三网融合和多媒体通信创造了条件 各种信源（声音、图像、计算机数据等）都用统一的数字信号表示，便于在统一的数字通信网中传输、存储和交换。这为有线电视网、计算机通信网和电信网的三网融合，多媒体通信及交互式业务创造了条件。

4. 电视系统数字化将使电视制式和业务规格统一

(1) 全面数字化将使电视制式实现全球统一，不再会有 NTSC、PAL 和 SECAM 等不同的电视制式。因此，更利于节目的交换和信息的交流。在数字系统标准中不仅仅对设备外围的接口，而且对数字信号处理的整个流程和细节都作了详细规定。MPEG标准将对数字电视的各种应用和系统层作出详细规定。DVB 则对各种传输媒介，如卫星、电缆和地面传输中的各种处理环节进行了规定。

(2) 全面数字化的另一个影响是数字电视业务的可分级性带来的各种业务的统一性，不同质量的信源只是占用的比特率不同，而具有相同的格式，如家用质量的电视比特率在 1.5Mbit/s ，广播级质量在 $4 \sim 5\text{Mbit/s}$ ，但都打成 MPEG-2 传送包，可以在同一个设备中完成各种不同级别的图像业务。

5. 易于设备的小型化和升级改造 可以采用大规模集成电路，制成的设备体积小、重量轻、功耗小、可靠性高、寿命长，便于大规模生产。数字系统的性能易于通过修改软件得到改进和升级。

6. 提高了频带利用率和传输效率 采用压缩编码技术后，在相同的频带中数字信号可以比模拟信号传送更多的信息。

7. 便于交互式信息的传送 交互式电视、视频点播等应用的发展，只有数字化以后，才能方便地进行信息的检索、编辑、双向信息的控制。节目控制权才能真正由用户来掌握，形成一种生动的信息交换空间。

第四节 数字电视的分类

由于网络的种类有很多种、服务功能有简有繁，因此数字电视的种类也有很多。其复杂度、系统造价和收费标准也各有不同。

一、广播性质的数字电视系统

这类数字电视称为 DVB 系统，即 Digital Video Broadcasting 的缩写（数字视频广播）。这类数字电视系统比较简单，由前端或播放中心将数字电视信号分配到每一个用户，没有路由的问题。以前我们接收的开路电视和有线电视信号都属于这类系统，只不过以前是模拟信号现在要变成数字信号，系统的功能是相似的。这类系统也可以进行收费节目管理，即称为条件接收（CA），如用户每月交一次收视费。这类系统可以是单向系统，网络改造比较简单。

我国所要推行的数字电视系统，当前所指的就是 DVB 系统。

DVB 系统可分为三大类：

1.DVB-S 系统（卫星数字电视系统） 我国卫星电视已实现了数字化。

2.DVB-T 系统（地面数字电视系统） 我国已有一些城市开通了 DVB-T 系统，如北京公交车上看到的移动电视就是 DVB-T 系统。它没有重影，图像质量良好。在模拟电视时代，由于重影的困扰，城市里收看开路电视的用户已经很少。数字化后，开路电视又得到了新生，从原理上解决了重影的难题。

3.DVB-C 系统（有线数字电视系统） 有线数字电视系统是功能最全的系统，它包含了广播电视、交互式电视和数据交换三大功能。它是频带最宽、信道容量最大的系统，从 5MHz 直至 862MHz 的带宽能够携带大容量的信息。

有线电视系统也是用户数量最多的系统。我国有线电视用户

已超过 1 亿户，是世界上最大的用户群体。有线电视系统在我国已运行了二十多年，构成了遍布城乡的网络，网络资源丰富。

因此有线数字电视系统应为本书的重点，是从模拟升级到数字的改造过程中的重点和难点。因此广播电视总局关于数字化过渡的时间表也是指的有线数字电视系统。DVB - C 与 DVB - S 和 DVB - T 有很多相同的部分，也有各自的特点。

二、交互式数字电视系统

交互式数字电视系统有许多功能。大家听得最多的功能之一是视频点播，即 VOD 系统。用户可通过机顶盒点播某一节目，使其从头开始播放。

交互式数字电视系统体现了用户的个性化要求，是把节目控制权交给了用户。不像广播电视系统那样，电视台送什么节目，用户只能在传送的节目中选择，也不能要求从节目开始点播放。因此交互式数字电视要比广播式数字电视更复杂，系统造价也更高，目前只在涉外饭店、个别小区开始运行，还不具备大规模推广的物质基础和用户承受能力。但它是一种发展方向，本书将在第九章予以简介。

交互式电视根据网络不同分为两类：

1. DVB 系统的交互式电视系统 它采用服务器/机顶盒模式，数字视频信号由视频服务器送至每个用户机顶盒，用户通过机顶盒向视频服务器传送请求信令，视频服务器收到了用户请求播放节目的信令后，从视频储存器中调出节目，送至用户端。

DVB 交互式电视系统的特点是宽带和高速率，有多少用户同时请求信令，视频服务器就要同时发出相应数量的并发流。因此，一个视频服务器的覆盖用户区域是有限的，如一个小区、一个饭店等。如果服务的范围要扩大，则要建立多个服务站，服务器之间需通过容量更大的骨干网来传送特殊用户的信息。这种骨干网例如可采用 SDH（同步数字序列网）网，用户常用的节目应储存在本地视频储存器中。

2. 流媒体交互式数字电视系统即 IPTV 系统 它的主要特点是通过因特网来传送数字视音频信号。它与 DVB 系统不同点在于:

(1) 它不是把信号送给每个用户, 而是用户点播什么节目, 只把这个节目送给该用户, 信号具有寻址功能。

(2) 采用了更先进的压缩编码方式, 如 MPEG-4 压缩编码方式, 每个节目占用的带宽更小。因为因特网有多种形式, 带宽各异, 节目占用带宽太宽就不能为更多的用户服务。

(3) 传送的距离更远。原则上可以是全球互联的, 并且从协议上着重解决了信号拥塞的问题。

(4) 系统的造价可能低于 DVB 交互式系统, 因此是一种很有希望和吸引力的交互式电视系统。它还可以和录像机一样, 由用户操作进行快进、快退和暂停等控制, 本书将在第十章进行流媒体技术的介绍。

三、有线电视系统中的数字电视服务类型

有线电视系统是功能最全的系统, 它可以包含上面介绍的多种数字电视信号, 因此有必要对有线电视系统的功能作一简介, 使读者能了解到今后数字化的发展方向, 并对各种信号的使用加以区分和理解, 对数字电视和数据交换的全貌有一个了解。

有线电视系统中的数字电视服务类型有多种, 例如有广播型数字电视、交互式数字电视、流媒体数字电视等。作为系统的信号源, 还能接触为 DVB-S 和 DVB-T, 因此系统涉及几乎全部的数字电视内容。

1. 有线电视系统的频率配置 有线电视宽带网中既包含了广播频段也包含了数据交换频段, 频段之间采用频分复用方式。对于数字电视频段再划分为许多频道, 每个频道的带宽为 8MHz, 每个频道可传输 6~8 套电视节目。这些节目的数字信号采用时分复用方式, 总的来说复用方式遵循先频分后时分或大频分小时分的原则。有线电视系统的频率配置见表 1-1。

表 1-1

有线电视系统的频率配置

波段	频率范围/MHz	业务内容	波段	频率范围/MHz	业务内容
R	5~65	上行多功能业务	A ₂	223~463	电 视
X	65~87	保护带	I	470~550	电 视
FM	87~108	声 音	B	550~750	下行多功能业务
A ₁	110~167	电 视	C	750~1000	未来发展用
I	167~223	电 视			

表 1-1 中目前分配 I 波段作为模拟电视广播。B 波段应分为两部分:

B₁ 波段, 作为数字电视广播波段。

B₂ 波段, 作为数据下行波段, 它与 R 上行波段是对应的, 作为数据的上、下行波段的双向通道使用。

B₁ 和 B₂ 波段的划分, 标准未作硬性规定, 由各地有线台自行规定。本标准即将修改, B 波段将扩展到 862MHz。

2. 有线电视系统的功能 有线电视系统的功能见表 1-2 所示。

表 1-2

有线电视系统功能表

序号	功 能	信 号	网络特性	传输方式	标 准	终端	备 注
1	模拟平台	模拟电视与 FM 声音	广播	单向	GB6510	TV 或 STB/TV	通过宽带有线电视网
2	数字电视	数字视、音频	广播	单向	DVB-C	STB/TV	通过宽带有线电视网
3	交互式电视	数字视、音频	交互	不对称双向	DVB-C DSM-CC	STB/TV	通过宽带有线电视网
4	数据交换	数据	交换	双向	DOCSIS	CM/PC	通过宽带有线电视接入网
5	流媒体	数字视音频数据包	交互	双向	无国际标准、企业标准有 Real Time Microsafe Apple 等	PC 机、STB/TV、手机	通过因特网、传输实时视音频, 并具有 VCR 功能

第1项是模拟平台，即模拟电视，将逐步淘汰，不在本书的讨论范围之内。

第2项是数字电视。广播方式的数字电视是目前需要推广的，以替代被淘汰的模拟电视。与模拟电视相比较，其频道数量将有大幅增加，节目更加丰富，图像质量也有所改善，但本质上与原有的模拟电视没有多大差别，用户端需增加一个机顶盒(STB)，对网络无需进行双向改造。

第3项是交互式电视。网络将需要进行双向改造，用户机顶盒更为复杂，系统需增加大量设备，系统造价更高。

以上三项都属于 DVB，即广播方式，在表 1-1 中位于 B 波段。

第4项是数据交换。它属于对称双向系统，在表 1-1 中位于 R 和 B 波段，分别作为上行和下行频段。

数字信号分为两大类，即数字视音频信号和数据。

数字视音频信号，其终端设备为 STB/TV，即其最终需要用电视机来观看，即数字电视是以观看和节目欣赏为其主要目标。

数据交换是通过电缆调制解调器连接到计算机，其最终设备为计算机。它的主要目标是通过因特网来交换信息，即人们所说的上网功能，其交换的信息包括数据和 IP 电话。数据交换不是本书的重点，但下面将介绍通过数据交换通道，以数据形式进行的网络电视服务，这是数字电视的重要形式和发展方向。

第5项是流媒体。它属于不对称双向系统，在表 1-1 中位于 R 和 B₂ 波段，与数据交换的通道相同。流媒体电视又称为网络电视或 IP 电视，通俗地讲就是通过因特网来收看电视。

3. 有线电视的系统组成 有线电视系统的原理图如图 1-1 所示。

图 1-1 的系统原理图，实际上由两部分组成：

(1) 视频通道 即数字电视系统。这部分就是将在第六章中介绍的 DVB-C 系统，即通过编码器将数字视音频信号经压缩后形成 MPEG-2 数据流，再将多路数据流通过复用器，复用为一

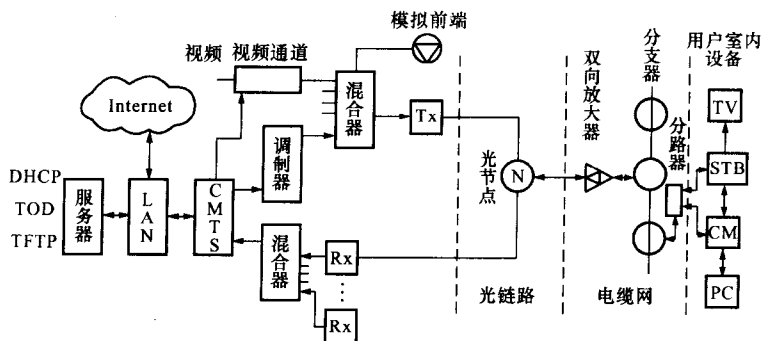


图 1-1 有线电视系统原理图

路传输流，即 TS 流，最后经 QAM 调制器输出。多路 QAM 信号混合后传输至有线电视网络，最终通过用户端的 STB 将信号送至电视机。

(2) 数据交换系统 它执行 DOCSIS 标准。在用户端，其主要设备为 cable modem 简称 CM，通过 CM 连接至计算机（PC 机）。

在前端，主要设备为 CMTS。它是 Cable Modem Termination System 的缩写，它起到一个交换机的作用，所有的 CM 信号都要通过 CMTS 与其他用户联通，不论是网内的还是网外的用户。同时 CMTS 控制每一个 CM，这种控制包括：业务控制、信号控制和安全控制（网络管理）。

在图 1-1 中，光链路：Tx（光发机），至 N（光节点），只起传输作用，与信号交换、传输协议等无关，故不在此介绍。光节点为双向设备，包括光收和光发两部分。

4. 三种信号传输方式 信号传输方式在表 1-1 和表 1-2 中可以看出，主要有三种方式，或者说有三个概念需要强调，以帮助读者对系统的认知。

(1) 广播（Broadcasting） 定义为：一条信道为所有用户共享，通俗地讲就是一点对多点。广播系统有前端，信号从前端发送送至每个用户，前端设备的多寡与用户数无关，只与频道数有

关。广播系统为单向系统。

(2) 交换 (Switching) 定义为一条信道为一对用户单享, 交换必须是双向的。打电话就是一种典型的交换。

交换系统没有前端的称谓, 我们不能把电话局称为前端, 电话局只有交换机, 主要起信号的交叉连接作用, 因此我们不能把 CMTS 称为数据前端。

交换与广播不同, 用户数量越大, 交换设备就越多; 也就是说, CMTS 的数量与 CM 的数量有关。

(3) 交互 (Interaction) 交互式电视介于广播与交换之间, 是一种不对称的双向系统, 采用服务器/机顶盒模式, 主要是下行信号, 由服务器至用户端, 用户端的上行信号主要是短小的请求信令。交互式电视有两种模式, 一种为通过 DVB 系统和 STB, 最终用电视机来观看节目, 另一种为通过因特网, 即数据交换通道, 终端通过 CM 最终由计算机的显示器来观看节目。今后也可通过 STB 由电视机来观看, 这种网络电视的技术支持为流媒体技术, 但目前大多数的 STB 不支持流媒体技术。

5. 以太网有线电视系统。我国还存在一种系统, 即以太网有线电视系统。这种系统用目前单向有线电视网来传输模拟电视 (A 平台), 而用以太网来传输数字信号 (B 平台), 这种系统只是在结构上将两个系统捆绑在一起。例如用一根光纤来传输模拟信号, 用另两根光纤来传输以太网信号。在用户端则用电缆来传输电视信号, 而用五类线来传输以太网信号。以太网信号是基带信号, 一般只能由 PC 机来观看。如要用电视机来观看, 则需用特殊的机顶盒。该系统没有完整的标准可遵循, 应该说是一种过渡性产物, 当模拟电视完全关闭后, A 平台消失, 其存在的价值就不大了, 或者说其存在的形式或定义将有所变化。