

数字

音频广播与 数字高清晰度 电视

高峰 主编
康亚男 副主编

中国广播电视出版社



国家广播电影电视总局

广播电视工程技术
职业教育规划教材

数字音频广播与 数字高清晰度电视

高峰 主编

康亚男 副主编

中国广播电视出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数字音频广播与数字高清晰度电视 / 高峰主编. —北京: 中国广播电视出版社, 2003.2

国家广播电影电视总局广播电视工程技术职业教育规划教材

ISBN 7-5043-4072-3

I. 数… II. 高… III. ①数字广播系统—音频设备—职业教育—教材②数字电视: 高清晰度电视—职业教育—教材 IV. ①TN912.14②TN949.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 006305 号

数字音频广播与数字高清晰度电视

主 编:	高 峰
副 主 编:	康亚男
责任编辑:	马念伍
封面设计:	张一山
责任校对:	张 哲
监 印:	戴存善
出版发行:	中国广播电视出版社
电 话:	86093580 86093583
社 址:	北京复外大街 2 号(邮政编码 100866)
经 销:	全国各地新华书店
印 刷:	廊坊人民印刷厂
装 订:	涿州市西何各庄新华装订厂
开 本:	787 毫米×1092 毫米 1/16
字 数:	240(千)字
印 张:	11.5
版 次:	2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月第 1 次印刷
印 数:	5000 册
书 号:	ISBN 7-5043-4072-3/TN·284
定 价:	23.00 元

(版权所有 翻印必究·印装有误 负责调换)

国家广播电影电视总局
广播电视工程技术职业教育规划教材
编 委 会

主 编 刘爱清

副主编 高 峰 关良柱

编 委 李绍新 刘宁生 杨金明 尹秀珍

王泗德 沈联俊 孙建华 王 萍

章 辉 刘长年 贾 建 张春芳

胡 红

序

在全面建设小康社会的新时期,我国广播电视事业的实力和水平要达到亚洲一流,进入世界前列。实现这一宏伟目标的技术依托和重要条件,就是加快发展以数字技术、网络技术为标志的广播电视高新技术,构建以数字技术、网络技术为基础的广播电视科技新体系。

广播电视是一个国家和地区文明进步的标志性窗口,是当今世界各个国家和地区普遍重视的一项事业。它作为最有效、最广泛、最有影响的主流媒体,主要是因为它具有很高的科技含量,不断用高新技术发展和提升自己,始终体现着先进的生产力。而目前开始的数字技术、网络技术在广播电视领域的推广、应用和发展,是广播电视事业发展史上的又一场重大革命。它必将引起传输系统、制作手段、运行体制、管理模式、服务方式等各个方面的重大变革。毋庸置疑,用数字技术、网络技术装备起来的广播电视,其制作与传输手段将更先进,服务质量和效率会更高,应对各种挑战的实力和能力会更强。广播电视事业发展和技术进步的这种必然的大趋势,无疑对广播电视教育和培训提出了新的更高的要求。因此,加快培养一大批懂得新技术、使用新技术、管理新技术的专业人才,是我们面临的一项重大而紧迫的任务。

为适应新时期、新任务对广播电视人才培养提出的新要求,我们组织编写了这套“国家广播电影电视总局广播电视工程技术职业教育规划教材”,共8本,构成了一套学科体系相对完整的系列教材。这8本书:《数字广播电视技术基础》、《数字音频广播与数字高清晰度电视》、《电视多媒体技术与应用》、《数字电视节目制作与播控技术》、《广播电视宽带网络技术》、《卫星数字广播电视技术》、《现代中短波广播发射机》、《信号与线性网络技术》。

这套教材的编写原则和指导思想是:紧密追随广播电视新技术的发展前沿,力求吸收其最新成果;紧密结合广播电视职业教育的人才培养目标和广播电视在职人员的岗位培训要求,力求贴近实际需要;在强化专业基础理论和实践教学的基础上,突出先进性、科学性、准确性和实用性,力求有所创新;遵循工科教学规律,贯彻理论联系实际和少而精的原则,力求言简意赅、通俗易懂;在体例上既适当保持各本教材的相对独立性,可分别单独使用,又兼顾相互间的有机结合与整体配套,力求构成比较完整、系统的广播电视工程技术的新课程体系。

这套教材是适合广播电视职业教育特点的专业教材。主要面向高、中等职业教育和普通专科教育,同时也适合广播电视工程技术人员、节目制作人员岗位培训的需要,适合相关影视、通信类专业公司人员学习和阅读。这是一套适用范围较广的规划教材。

这套教材是集体智慧的结晶。编委和编写人员的组成体现了产教结合和新老结合的

原则。他们有的是各广播电视学校中理论功底扎实、教学经验丰富的资深教师,有的是广播电视行业的专家、学者,有的是工程技术岗位上的专业骨干。本套教材的编写是经过了大纲审定会(2001年12月,厦门)和审稿、统稿会(2002年8月,成都),经过多次研讨审议、通力合作,历时两年余,终成这套实用性强的新技术工科教材。除本书已署名者外,还有吉林广播电视学校的王志俊老师、内蒙古广播电视学校的田伟老师、新疆广播电视学校的丁龙老师分别参加了部分大纲和文稿的审定。以上同志均以求真务实、严谨细致、一丝不苟、认真负责的精神,为之奉献了才智,付出了心血。我借此机会谨表深切的谢意!

这套教材的出版,无疑是广播电视职业教育和在职培训的一件有益之事。它将完善职业教育的工科教材体系,为提高教学质量提供保证,也为岗位培训和广大工程技术人员的学习提供凭借。但由于参编人员较多,成书时间又紧,难免存在内容交叉、体例不一、水平参差甚至个别差错等问题,诚恳希望读者批评指正。同时我们还要充分意识到,科学技术的进步日新月异,广播电视领域的新理论、新技术层出不穷。因此,我们必须继续跟踪科技发展的前沿,适时补充和完善本教材的内容,使其与时俱进,保持相对较长时期的应用价值。

刘爱清

2003年元月8日

(注:为本书作序者系国家广播电影电视总局人事教育司副司长)

前 言

中国广播电视系统的数字化进程已经启动,1996 年底亚洲第一个数字音频广播(DAB)先导网建成并在珠江三角洲播出,1999 年国庆节期间由中央电视台成功地首次试播了数字高清晰度电视广播(HDTV)。本教材根据目前数字广播电视的发展,介绍数字音频广播(DAB)和数字高清晰度电视广播(HDTV)的系统组成、工作原理。

全书共分两篇,第一篇为数字音频广播,共包括五章内容,第一章主要介绍广播的特点、发展状况、国际标准和系统结构;第二章为数字音频信源编码 MUSICAM;第三章为信道编码采用的 COFDM 调制;第四章介绍了 DAB 发射机和接收设备;第五章在介绍多媒体对象传输协议的基础上,重点介绍内蒙古电台播控中心数字化系统实例。第二篇为数字高清晰度电视,共包括六章内容,第六章介绍数字视频的特点、发展状况和系统组成;第七章为数字视频压缩编码标准;第八章介绍在数字电视中音频的编码技术;第九章为数字视频的信源编码和调制;第十章重点介绍 ATSC、DVB、ISDB;第十一章对我国目前现有的数字卫星、有线、地面电视进行了阐述。

本书中的第五章第二节内蒙古电台数字化系统一节由内蒙古广播电台技术部副主任郭万军编写,其余各章节均由高峰、康亚男编写。

本书在编写过程中参考了国内外大量文献、论文和设备产品资料,并得到了部分专家和第一线技术人员的指导,在此一并表示感谢。由于作者水平和经验有限,虽结合了多年的教学经验和体会,并已数易其稿,但仍有许多不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2002 年 10 月

内 容 提 要

本书是国家广播电影电视总局广播电视工程技术职业教育规划教材之一。

全书共分为两篇。第一篇分为五章,主要介绍数字音频的特点、发展现状以及趋势、国际标准和系统结构、数字音频编码及调制等内容,同时重点介绍了内蒙古电台播控中心数字化系统;第二篇为数字高清晰度电视,主要介绍了其特点、发展现状及趋势和系统组成以及压缩编码标准和技术,并对我国目前数字卫星、有线和地面电视进行了阐述。

本书适合广播电视技术各专业、信息工程专业、通信等专业大中专生、高职生、函授生以及在职相关技术人员使用。

目 录

第一篇 数字音频广播

第一章 数字音频广播概述	1
第一节 数字音频广播的特点和发展	1
一、数字音频广播的概念	1
二、数字音频广播的优点	2
三、数字音频广播的发展过程	2
第二节 数字音频编码国际标准	3
一、MPEG-1 音频编码标准	3
二、MPEG-2 音频编码标准	4
三、MPEG-4 音频编码标准	4
第三节 数字音频广播系统结构	5
思考与练习题	6
第二章 DAB 信源编码——MUSICAM	7
第一节 声音信号的数字化	7
一、取样	7
二、量化	8
三、编码	8
四、A/D 变换器	9
第二节 AES/EBU 音频接口协议	10
一、AES3 或者 AES/EBU 专业音频接口协议	10
二、AES/EBU 编码器	11
三、AES/EBU 解码器和解复用器	13
第三节 DAB 的信源编码的理论基础	13
一、数字声音信号压缩的目的和可能性	13
二、掩蔽效应	14
三、常用编码方式	16
第四节 MUSICAM 编码方式	18
一、什么是 MUSICAM	18

二、MUSICAM 的编码标准	18
第五节 MUSICAM 编码器	19
一、32 个子频带滤波器组	19
二、快速傅利叶变换(FFT)	20
三、心理听觉模型	21
四、比例因子	21
五、动态比特分配	22
六、子频带样值的量化和编码	23
七、帧形成器	24
第六节 MUSICAM 解码器	25
一、分解和校验	25
二、辅助信息解码	26
三、子频带样值量化	27
四、综合子频带滤波器组	27
思考与练习题	28
第三章 DAB 信道编码和调制——COFDM	29
第一节 COFDM 信道编码和调制方法	29
一、什么是 COFDM 编码和调制	29
二、COFDM 调制系统的参数	30
三、COFDM 调制方式	32
第二节 卷积编码	32
一、卷积编码的基本概念	32
二、卷积编码器	35
三、卷积解码器	37
第三节 四相差分相移键控(DQPSK)调制	39
一、DQPSK 调制	39
二、DQPSK 解调	41
第四节 时间交织和频率交织	43
一、时间交织	43
二、频率交织	45
三、具有保护间隙的 OFDM 调制	46
第五节 多路复用器	48
思考与练习题	51
第四章 DAB 发射和接收设备	52
第一节 DAB 发射机	52
一、DAB 发射机理论基础	52

二、I/Q 正交调制器	53
三、发射机实例	54
第二节 DAB 接收机	55
一、高频调谐器	56
二、COFDM 解调器	56
三、同步	57
四、解复合器	57
五、频率与时间解交织	57
六、卷积解码——维特比解码器	57
七、解扰(解能量扩散)	58
八、MUSICAM 解码器	58
思考与练习题	58
第五章 数字多媒体广播(DMB)简介	59
第一节 多媒体对象传输协议	59
一、MOT/DAB 系统数据传输	59
二、MOT 目录	61
第二节 内蒙古人民广播电台播控中心数字化系统	62
一、音频信号系统	62
二、节目自动化播出网络	69
第三节 珠江三角洲 Eureka-147DAB 先导网简介	73
思考与练习题	74
 第二篇 数字高清晰度电视	
第六章 数字高清晰度电视概述	75
第一节 数字高清晰度电视的特点	75
一、数字高清晰度电视的意义和标准	75
二、数字高清晰度电视的优缺点	76
第二节 数字高清晰度电视的发展	77
一、国外数字电视发展状况	77
二、国内数字电视发展状况	78
第三节 数字电视广播的系统框图	78
思考与练习题	79
第七章 数字视频压缩编码原理	80
第一节 数字视频压缩编码原理	80
一、电视信号的数字化	80

二、数字图像信号压缩的目的和可能性	83
三、预测编码	84
四、变换编码	85
五、统计编码	88
第二节 MPEG-2 视频编码标准的等级和类型	90
一、MPEG-2 视频编码标准	90
二、MPEG-2 的等级和类别	90
第三节 MPEG-2 视频码流层次结构	92
一、视频序列层	92
二、图像组层	93
三、图像层	93
四、宏块条层	94
五、宏块层	94
六、块层	94
第四节 MPEG-2 的数据压缩技术	94
一、帧间预测编码和运动补偿	94
二、离散余弦变换(DCT)	96
第五节 MPEG-2 数码率的调整	100
第六节 MPEG-2 视频编码器	101
第七节 MPEG-2 视频解码器	102
一、MPEG-2 视频解码器组成	102
二、实用 MPEG-2 视频解码器简介	102
第八节 MPEG-4 视频编码标准	104
一、MPEG-4 视频码流层次结构	104
二、MPEG-4 MB 编码框图	105
第九节 MPEG-2/DVB 编解码系统	105
一、CHINIC 10K101/111 编码器	106
二、CHINIC 10K201/211 解码器	106
三、CHINIC 10K301 复用器	107
四、CHINIC 10KD01/D02 卫星 TS 流接收转发器	107
五、CHINIC 10K4 系统网络适配器	108
六、QAM 调制器	108
七、CHINIC 10KM01 网管系统	108
思考与练习题	109
第八章 数字音频编码技术——杜比 AC-3	110
第一节 杜比 AC-3 的概述	110
第二节 杜比 AC-3 同步帧	111

第三节 杜比 AC-3 编码器	111
一、分析滤波器组	111
二、指数编码	111
三、比特分配	112
四、尾数量化	112
五、AC-3 帧格式形成	112
第四节 杜比 AC-3 解码器	113
一、AC-3 帧同步和解帧格式	113
二、指数解码	113
三、比特分配	113
四、综合滤波器组	113
第五节 杜比 AC-3 的应用	113
思考与练习题	115
 第九章 信道编码和调制	116
第一节 信道编码系统	116
第二节 信道编码方法	117
一、里德—索罗门编码(RS 编码)	117
二、交织技术	118
三、格状编码(TCM)	120
第三节 调制与解调技术	122
一、QPSK 数字调制器和解调器	122
二、QAM 数字调制器和解调器	123
三、VSB 调制器和解调器	125
四、OFDM 调制器和解调器	125
思考与练习题	127
 第十章 数字电视三种传输系统	128
第一节 高清晰度数字电视	128
一、HDTV 的图像格式	128
二、数字电视系统的基本模式	129
第二节 ATSC 系统	130
一、ATSC 系统编码设备	130
二、ATSC 的扫描格式	131
三、ATSC 视频压缩系统	132
四、ATSC 的传输系统	133
五、ATSC 射频/发送系统	133
六、ATSC 接收系统	139

第三节 DVB 系统	142
一、DVB 标准综述	142
二、DVB 三种传输系统	142
第四节 ISDB 系统	149
思考与练习题	151
第十一章 我国数字电视系统	152
第一节 我国数字卫星电视广播传输系统	152
一、上行发射机或星载转发器的组成	153
二、星载转发器	153
三、下行接收机	154
第二节 我国地面数字电视广播传输系统	154
一、ADTB-T 系统和 DTTB/OFDM 系统	154
二、CDTB-T 系统	156
三、DMB-T 系统	157
第三节 我国有线数字电视广播传输系统	158
一、前端设备	159
二、HFC 传输网络	159
三、光接点机	159
四、用户端设备	159
五、数字电视整体解决方案实例	159
第四节 我国高清晰度接收机现状	161
一、数字机顶盒(STB)	161
二、数字高清晰度电视 T3298 简介	162
思考与练习题	163
常用术语英汉对照表	164
参考文献	167

第一篇

数字音频广播

第一章 数字音频广播概述

本章内容提要

- ◎ 数字音频广播的定义、优点和发展
- ◎ 数字音频信号国际标准：MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 音频编码标准
- ◎ 数字音频广播 DAB 系统结构

声音广播是一种语言传输的技术，是获得信息的一种重要途径，传统的中、短波调幅和调频广播虽属于模拟广播，但几十年来电波把新闻时事、音乐、生活、法律知识等节目送到了千家万户，使听众通过更快、更准确、更简捷的方式了解了国家大事，丰富了娱乐生活。

数字广播是新一代广播系统，是科技进步的体现，它包含数字音频广播、数字多媒体广播、数字调幅广播、卫星数字声音广播等方面。目前数字广播作为我国广播影视科技“十五”计划的应用研究、试验的重点项目之一。

本篇的目的就是对数字音频广播技术作一个全面系统的介绍，使读者对数字音频广播系统有一个整体的了解。

第一节 数字音频广播的特点和发展

一、数字音频广播的概念

数字音频广播，简称 DAB (Digital Audio Broadcasting) 是将传送的模拟音频信号

经过脉冲编码调制 (PCM) 转换成二进制数代表的数字式信号, 然后进行音频信号的处理、传输、存储, 以数字技术为手段, 传送高质量的声音节目。数字音频广播除传送声音信号外, 还传送数据信号。

二、数字音频广播的优点

中短波模拟调幅主要缺点是双边带调幅, 占用的频带宽、功率大、耗能高、业务单一, 并且音质差, 尤其短波广播的音质更差; 调频广播属于窄带传输, 虽改善了音质, 降低了耗能, 但多径传输抗干扰能力差。数字广播技术针对模拟广播的缺点, 进行了全新的技术设计, 主要体现在它具有以下的突出优点。

1. 高质量的声音信号, 可达到 CD 质量水平

由于模拟技术信噪比只能达到 60dB, 很难满足音质的高保真要求。数字激光唱机, 简称 CD (Compact Disc) 的信噪比可达 90dB 以上, 使声音质量大大提高。

2. 对多径传输抗干扰能力强, 可保证高速移动状态下的接收质量

数字音频信源编码采用 MUSICAM 编码技术来降低传输差错; 对于移动接收造成衰减的主要解决办法是通过频率交织和时间交织来对误码进行纠错; 同时采用保护间隙来解决多径造成的码间干扰。

3. 发射功率小, 覆盖面积大, 频谱利用率高, 降低频带宽度

数字音频传输采用单频网同步运行, 功率不需很大, 通常为 1kW 和几百瓦; 本地电台、卫星传输、电 (光) 缆传输可扩大覆盖面积; 在同一通道内发射多个业务或用同一个频率来覆盖广大地区的方法。

4. 可附加传送数据业务

数字音频广播还可传送附加数据业务, 数据业务可以与声音广播节目有关, 如广播电台的新闻库、素材库、主持人信息等; 也可以是独立的数据业务, 如股票行情、交通信息等。

三、数字音频广播的发展过程

世界各国在数字音频广播的研制方面投入了大量的人力和财力, 欧洲、美国、日本等国都相继提出了自己的数字音频广播的标准或方案。现在有两个基本的数字音频广播, 即尤里卡 147-DAB (Eureka 147-DAB) 和带内共信道 (IBOC) 广播。

数字音频广播研究最早的是欧洲的尤里卡 147-DAB (Eureka 147-DAB), 欧洲的 DAB 主要目标是提供 CD 音质的声音广播, 抗多径能力强, 可提高移动接收的质量。1995 年英国和瑞典正式投入使用, 欧洲各国 DAB 频率分配任务也已相继完成。目前欧洲尤里卡 147-DAB 标准在世界其他国家或地区也得到了应用。

也有些厂家采用带内系统, 在现有 FM (88~108MHz) 和 AM (510~1710kHz) 频带传输数字音频广播信号。由于同时传输模拟和数字信号, 所以称为混合系统。带内系统和宽带的尤里卡 147-DAB 系统不兼容, 目前各国采用的较少, 只有美国继续在研究。

在国内, “九五”期间数字音频工作站、数字演播室、全自动播出系统已经在广播

电台得到了应用。1996 年底建立了数字音频广播 (DAB) 广东先导网, 2000 年 6 月 28 日北京-廊坊-天津的单频网 (SFN) 试验平台开通。广播影视科技“十五”计划和 2010 年远景规划在数字广播技术的研究和应用方面的重要项目是继续进行数字广播的应用研究、试验, 确定我国技术标准, 制定广播数字化过渡方案以及全国的频率规划, 提出我国数字广播技术政策并组织落实, 在“九五”国家重大科技产业工程项目——数字声音广播先导网试验的基础上, 研制具有我国自主知识产权的系统与设备, 建立数字广播试播台。

第二节 数字音频编码国际标准

国际标准化组织 (ISO) 和国际电工技术委员会 (IEC) 共同组成了联合技术委员会 1 (JTC1), 该委员会的第 29 分委员会 (SC29) 内的第 11 工作组称为运动图像专家组, 简称 MPEG (Motion Picture Experts Group) 全称是 WG11 of SC29 of ISO/IEC JTC1, 主要负责起草制订数字音频、数字视频信号的国际编码标准, 它包括 MPEG 系统, 即 MPEG-1、MPEG-2, 后又增加了 MPEG-4、MPEG-7, 目前已开始制定 MPEG-21 标准。

一、MPEG-1 音频编码标准

MPEG-1 (编号 ISO/IEC 11172) 制订于 1993 年, 该标准适用于数字存储介质, 最高码率到 1.5Mb/s 的活动图像和相关音频的编码标准。第三部分为音频部分 (编号 ISO/IEC 11172-3) 规定了音序列压缩编码表述方法, 可以是单声道, 也可以是立体声。

MPEG-1 音频编码标准由三层 (Layer) 组成: 层 I (Layer-I)、层 II (Layer-II) 和层 III (Layer-III), 层是以向下兼容方式编排的, 三种层比较如表 1-1。

表 1-1 不同 Layer 的比较

Layer	I	II	III
编码方法	MUSICAM 简化版本	MUSICAM 标准版本	MUSICAM 与 ASPEC 结合
总数据率	32 到 448kb/s	32 到 384kb/s	32 到 320kb/s
取样频率	32、44.1 和 48 kHz	32、44.1 和 48 kHz	32、44.1 和 48 kHz
工作模式	单声道、双声道、 立体声或联合立体声	单声道、双声道、 立体声或联合立体声	单声道、双声道、 立体声或联合立体声
子带宽度	750Hz	750Hz	750Hz
滤波器组	32 个子频带 各产生 12 个样值块	32 个子频带 各产生 36 个样值块	32 个子频带、各再分为 18 个 MDCT 频带
比特率压缩比	1:4	1:8	1:12
应 用	DCC、VCD	CD-ROM、DAB、DVB、 ADR 和多媒体	窄带 ISDN、电信、卫星链路、 Internet 网声音点播、MP-3 光盘