

数字电视演播室技术

杨宇 张亚娜等 著

广播电视工程专业『十二五』规划教材

中国传媒大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字电视演播室技术/杨宇, 张亚娜等著. —北京: 中国传媒大学出版社, 2017.5
(广播电视工程专业“十二五”教材)
ISBN 978-7-5657-4914-4

I. ①数… II. ①杨… ②张… III. ①电视演播室-职业教育-教材 IV. ①
TN948.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 021279 号

广播电视工程专业“十二五”规划教材

数字电视演播室技术

SHUZI DIANSHI YANBOSHI JISHU

著 者 杨 宇 张亚娜 王鸿涛 汤思民 张 俊
责 任 编 辑 李 明
装帧设计指导 吴学夫 杨 蕾 郭开鹤 吴 颖
设 计 总 监 杨 蕾
装 帧 设 计 刘 鑫 杨瑜静
责 任 印 制 曹 辉

出版发行 中国传媒大学出版社
社 址 北京市朝阳区定福庄东街1号 邮编: 100024
电 话 86-10-65450528 65450532 传真: 65779405
网 址 <http://www.cucp.com.cn>
经 销 全国新华书店

印 刷 北京玺诚印务有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 20.25
字 数 456 千字
版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5657-4914-4/TN · 1914 定 价 59.00 元

版权所有 翻印必究 印装错误 负责调换



目 录

第1章 数字电视演播室系统概述 /1

- 1.1 电视台节目制播架构 /1
- 1.2 数字视频分量信号 /3
- 1.3 演播室信号接口 /18
- 1.4 数字演播室的系统概述 /45

第2章 数字电视摄像机 /50

- 2.1 数字电视摄像机的组成 /51
- 2.2 摄像机的光学系统 /55
- 2.3 摄像器件 /64
- 2.4 摄像机中的视频信号处理 /84
- 2.5 数字高清电视摄像机 /97

第3章 数字电视演播室信号的记录和存储 /103

- 3.1 数字存储技术概述 /103
- 3.2 磁带记录和存储 /104
- 3.3 硬盘记录和存储 /114
- 3.4 光盘记录和存储 /120
- 3.5 半导体记录和存储 /123
- 3.6 数字视音频数据的记录格式 /125

第4章 视频切换台及外围设备 /130

- 4.1 视频切换台 /130
- 4.2 数字特技机 /149
- 4.3 矩阵 /157
- 4.4 字幕机 /162
- 4.5 在线包装系统 /163

第5章 演播室视频系统 /167

5.1 视频系统 /167

5.2 Tally 及时钟系统 /177

5.3 同步系统 /186

第6章 演播室音频系统 /189

6.1 演播室音频系统的主要设备 /189

6.2 演播室音频系统的信号流程 /199

6.3 音频信号的调整与控制 /204

6.4 演播室通话系统 /209

第7章 演播室灯光系统 /213

7.1 光源基本知识 /213

7.2 演播室常用光源 /216

7.3 半导体光源 /219

7.4 演播室灯具 /221

7.5 灯具安装吊杆及设备 /231

7.6 调光台 /235

7.7 灯光系统结构 /236

第8章 电视节目后期制作系统 /238

8.1 线性编辑 /238

8.2 非线性编辑系统 /251

8.3 演播室非编网络的特殊需求 /261

第9章 虚拟演播室技术 /265

9.1 虚拟演播室概述 /265

9.2 虚拟演播室系统中的摄像跟踪技术 /269

9.3 虚拟演播室系统中的虚拟场景生成技术 /271

9.4 虚拟演播室系统中的色键技术 /273

9.5 虚拟演播室系统中的灯光技术 /275

第10章 数字电视转播车系统 /278

10.1 电视转播车概述 /278

10.2 转播车系统介绍 /284

第 11 章 新技术在演播室中的应用 /288

11.1 3D 技术 /288

11.2 超高清技术 /302

11.3 集群技术 /308

参考文献 /312

第1章 数字电视演播室系统概述

■ 本章要点:

1. 了解电视台制作、播出架构及演播室在电视台中的作用。
2. 理解电视信号从模拟转换为数字过程中引入的失真及防止失真的方法。
3. 掌握数字演播室信号标准。
4. 了解演播室常用信号传输接口及其传输内容,以及其接口电气特性和传输的数据结构等。
5. 重点掌握标清、高清数字分量信号如何通过数字串行接口传输。
6. 了解演播室系统构成。

1.1 电视台节目制播架构

1.1.1 电视中心台

自机械式扫描电视系统发明以来,电视技术的发展已有近 90 年的历史。广播电视经历了从黑白到彩色、从模拟到数字、从 2D 到 3D、从线性到非线性的巨变。无论是现在还是未来,技术变革将不断地进行。如今,我国各主流电视台采用的技术已属世界领先;新技术将为观众带来更加丰富多彩的节目形式和视音频体验。

电视台,又称电视中心台。电视中心(TV Center)是负责电视节目采集、制作、存储、播出和传输等工作的主要机构。为了实现电视中心的各种功能,电视台主体架构可分为节目制作系统、节目播出系统、新闻制作播出系统、媒体资产管理系统、中央存储系统、办公网络等。

如图 1-4 所示,视频信号的采集设备主要是摄像机;节目中附加的字幕和图标,可用字幕机或计算机生成;新闻、体育、大型娱乐等类型的节目通常会通过有线、地面、卫星和网络传输将远程信号传输至本地,作为节目信号源;除此以外,个人拍摄的照片、手机视频甚至是网络页面,都可以作为节目素材;节目素材可存入电视台存储中心,供节目制作或播出使用。

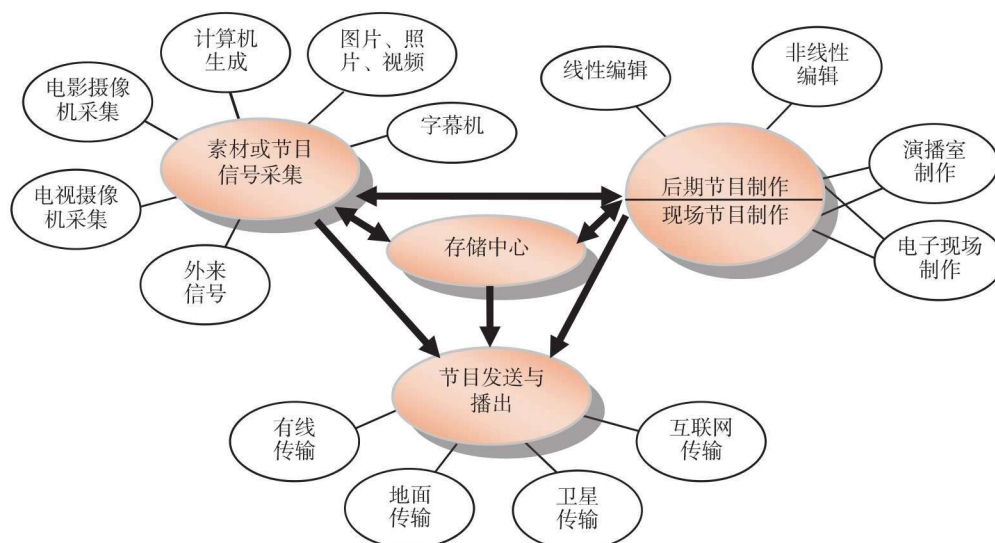


图 1-1 电视台工作流程示意图

1.1.2 电视节目制作系统

电视节目制作系统分为非实时(Off-line/Non-real Time)的后期节目制作系统和实时(Real Time)的直播类节目制作系统。纪录片、访谈类节目、天气预报等节目拍摄时会有很多冗余镜头,需要后期修改和编辑。这类节目制作系统属于非实时系统,它对资源共享与节目编辑能力要求较高,但对实时性、安全性要求不高。类似春节联欢晚会、奥运会比赛这样的直播类节目,要求拍摄和播出同步进行。这类节目制作系统对实时性、安全性要求都较高,但对资源共享与节目编辑能力要求就不高了。新闻直播类节目则要求素材能够以最快的速度实现共享,对即时性、安全性要求极高;每条新闻可在新闻直播前编辑完成,因此这类系统对素材的共享要求也很高。

以下系统是电视台常见的制作(播出)系统:

1. ENG 系统(Electronic News Gathering, 电子新闻采集系统)

ENG 系统是能够独立采访或进行节目素材录制的便携系统,只负责录制素材,不负责素材的后期加工。ENG 系统的主要部分一般是摄录一体机,即摄像机、录像机组装在一起,小型、轻便。也有由 ENG 摄像机和便携录像机组成的 ENG 系统,两者之间使用专用线缆或专用接口连接。

配套设备:

- (1) 主体补充设备: 镜头、传声器、寻像器、便携箱等。
- (2) 电源设备: 充电电池(摄录主体设备的直流电源)、充电器、交流适配器(摄录主体设备直接外接交流电源时使用)。
- (3) 三脚架设备。
- (4) 照明设备: 直流便携带手持照明灯具、便携可充电式直流照明电源、交流照明灯具。
- (5) 其他器材设备: 存储单元、小彩监及视音频连线、通话耳麦、小型微波发射设备。

2. EFP 系统(Electronic Field Production, 电子现场制作系统)

电子现场制作,即把节目制作设备搬到现场去的制作方法,主要采用转播车进行外景实况录制。现场制作和转播完毕时,一部包括图像、声音、字幕和特技切换在内的完整节目就产生了。具体我们将在第10章介绍。

EFP系统组成包括视频系统、音频系统、同步系统、(编辑)控制系统、提示系统和通话系统等。

3. ESP 系统(Electronic Studio Production, 演播室节目制作系统)

演播室节目制作是指在电视台的演播室中录制节目。演播室在设计和建造时就预先考虑到了节目制作时的技术要求,需要具有较好的音响效果、完备的灯光照明系统以及布景等,而且可配置高档的节目制作设备,因此,演播室节目制作是一种理想的电视节目制作方式,可制作出质量较高的电视节目。

ESP系统组成包括视频系统、音频系统、同步系统、(编辑)控制系统、提示系统、灯光系统和通话系统等。

4. 线性编辑系统(Linear Editing System)

线性编辑系统主要是以磁带为记录媒介,使用视频放像机和录像机对磁带进行编辑的系统,分为一对一编辑系统、二(多)对一编辑系统、(线性)数字合成系统。其中前两种系统是通过编辑控制器遥控编辑放像机和编辑录像机,从而顺序完成镜头录制的过程;(线性)数字合成系统则在上述编辑系统中加入了调音台、特技机和切换台等设备。具体内容将在第8章进行详细介绍。

5. 非线性编辑系统(Non-Linear Editing System)

非线性编辑是指素材的长短和顺序可以不按照制作的长短和先后次序进行编辑。非线性编辑系统主要利用硬盘、专业光盘等作为存储媒介,其核心是存储媒介必须能够随机存取素材。

多台非编工作站可组成非线性编辑网络,从而实现资源共享和协同制作。当前非线性编辑网络分为单网结构和双网结构两种。结合多通道录制系统,非线性编辑系统中的多机位编辑可提供一定延时的准实时节目制作功能。具体内容会在第8章进行详细介绍。

1.2 数字视频分量信号

1.2.1 电视图像的数字处理

随着广播电视技术的数字化发展,当前常用的电视系统设备多为数字设备,设备及系统之间传输的信号亦为数字信号。在自然环境下拍摄图像、进而输出数字图像数据的过程可以理解为从模拟到数字的转换过程,具体可分为抽样、量化、压缩编码三个处理过程。

1. 抽样

抽样 (Sampling), 又称采样或取样。摄像机对物理光学画面进行采集的媒介是感光器件 (CCD 或 CMOS); 从彩色光投射到感光器件再到感光器件中的每一个光敏单元输出相应的电荷或电压, 这个过程可以理解为抽样; 在此过程中主要考虑抽样频率和抽样脉冲宽度两个因素。

(1) 抽样频率

根据奈奎斯特 (Nyquist) 准则, 当抽样频率大于信号最高频率的 2 倍时, 才能从提取出的信号中无失真地恢复原始信号。

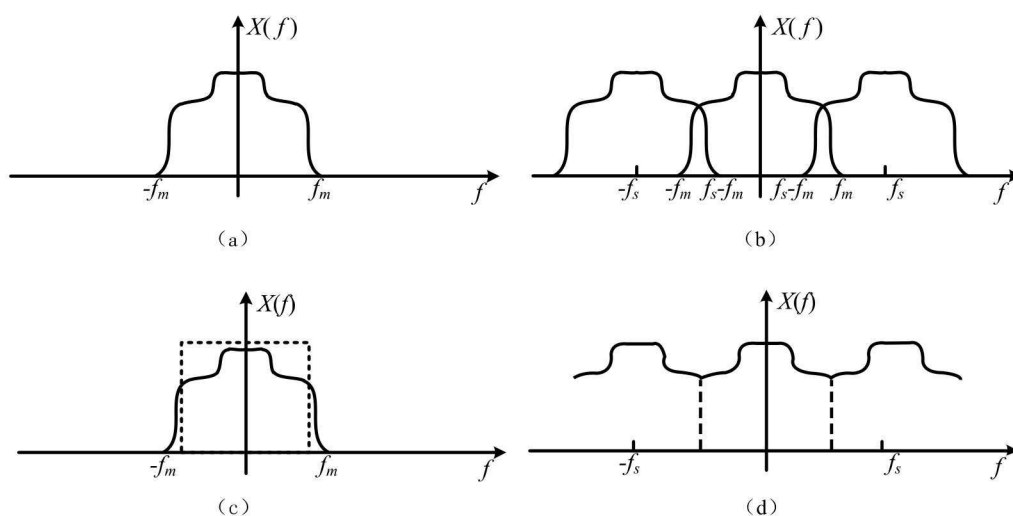


图 1-2 抽样过程中信号的频谱变化示意图

如图 1-2 (a) 所示, 原始信号最高频率为 f_m , 在频域上表示为 $X(f)$ 。该信号在经过频率为 f_s 的抽样后, 其在频域上可表示为:

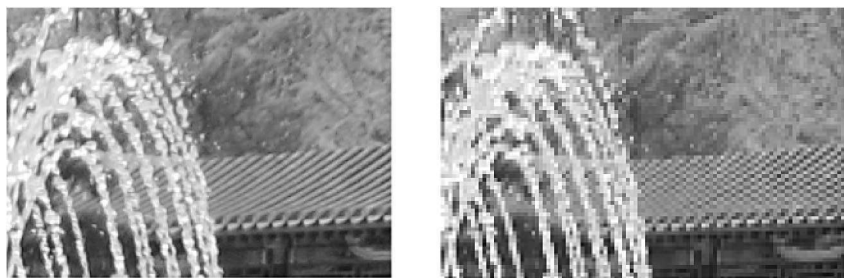
$$X_s(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nf_s) \quad \text{公式 (1-1)}$$

抽样后信号频谱相当于原始信号经过了周期为 f_s 的延拓, 如图 1-2 (b) 所示; 如果不能满足 $f_s > 2f_m$, 则频率从 $f_s - f_m$ 到 f_m 之间的信号发生频谱混叠 (Aliasing)。

摄像机拍摄图像时, 也要遵循以上定理, 即摄像机感光器件的抽样频率必须大于被摄景物画面的最高频率的 2 倍, 否则会引起混叠失真。混叠的现象是, 抽样后的画面中会产生莫尔条纹 (Moiré Pattern), 即俗称的“爬格”现象。一般来说混叠产生的条纹会出现在图像的高频区, 比如服装或建筑物上细密且规律的纹理区域, 这是因为发生了混叠的 $f_s - f_m$ 到 f_m 区间属于图像的高频部分。如图 1-3 (b) 所示, 图中的屋檐出现了莫尔条纹。

不仅如此, 在图像处理、格式转换和显示等过程中, 如果进行了抽样处理后的图像分解力小于原有信号的分解力, 则图像也会出现混叠。

消除频谱混叠的方法包括以下两种:



(a) 无混叠失真

(b) 有混叠失真

图 1-3 混叠失真效果图

① 提高抽样频率

ITU-R BT. 601 625/50 标准中规定亮度信号 Y 的抽样频率 $f_s = 13.5\text{MHz}$, 而标清电视视频信号的最高频率为 6MHz , 满足了 $f_s = 13.5\text{MHz} > 2f_m$ 。高清电视信号的抽样频率更高: ITU-R BT. 709 1250/50 标准中规定了亮度信号 Y 的抽样频率 $f_s = 74.25\text{MHz}$, 明显高于标清的 Y 信号抽样频率, 因而, 高清采集设备允许的画面最高频率也就更高。

② 前置滤波

对于图像高频信息过于丰富的情况, 可对图像进行低通滤波, 如图 1-2(c), 保证图像的最高频率不超过抽样频率的一半, 然后再进行抽样。如图 1-2(d) 所示, 经过滤波后的图像, 抽样后没有发生混叠。为了避免混叠, 摄像机感光器件前方有时会增设光学低通滤波器 (OLPF), 具体内容将在第 2 章介绍。

演播室常用的数字分量信号在从模拟信号转变而来的过程中也要经过抽样。ITU-R BT. 601 / ITU-R BT. 709 规定了亮度和色差信号抽样前低通滤波器幅频特性和群延时特性。对标清信号来说, 亮度信号频率响应直到 5.75MHz 都是平坦的。前置滤波后亮度信号的抽样频谱在最高亮度信号频率 5.75MHz 与奈奎斯特频率 6.75MHz 之间有一个空隙, 能满足防止频谱混叠的要求。而对于高清信号, 亮度低通滤波器带宽为 0.4 倍的抽样频率, 即 74.25MHz 的抽样频率, 对应的低通滤波器带宽为 29.7MHz 。

(2) 抽样脉冲宽度

理想情况下, 抽样脉冲是无限窄的, 但实际应用中的抽样脉冲经常是门脉冲。以摄像机感光单元来说, 无论是 CCD 还是 CMOS, 每一个感光单元(像素)都是有一定宽度的。相当于抽样脉冲不是理想的 δ 脉冲, 而是宽度为 τ 的门脉冲 (Flat Top Sampling), 这就会引起孔阑失真。

宽度为 τ 的门脉冲的时域序列可表示为:

$$S_\delta(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} P(t - nT_s) \quad \text{公式(1-2)}$$

$$\text{式中, } P(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \tau_s/2 \\ 0 & |t| > \tau_s/2 \end{cases}$$

这个脉冲序列的频谱为:

$$S_\delta(\omega) = 2\pi \frac{\tau_s}{T_s} \cdot \sum_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{\sin(n\pi\tau_s/T_s)}{n\pi\tau_s/T_s} \right] \cdot \delta(\omega - n\omega_s) \quad \text{公式(1-3)}$$

其中, $\omega_s = 2\pi/T_s$ 。公式(1-3)中所示脉冲序列谱线的位置与理想 δ 抽样脉冲序列频谱完全一致, 只是谱线的幅度受到了 $\sin x/x$ 函数的调制。用这样的脉冲序列进行抽样时, 其抽样信号的频谱为:

$$\begin{aligned} F_s(\omega) &= \frac{1}{2\pi} F(\omega) * 2\pi \frac{\tau_s}{T_s} \cdot \sum_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{\sin(n\pi\tau_s/T_s)}{n\pi\tau_s/T_s} \right] \cdot \delta(\omega - n\omega_s) \\ &= \frac{\tau_s}{T_s} \cdot \sum_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{\sin(n\pi\tau_s/T_s)}{n\pi\tau_s/T_s} \right] F(\omega - n\omega_s) \end{aligned} \quad \text{公式(1-4)}$$

显然, 抽样后信号频谱的谱线幅度也受到了 $\sin x/x$ 函数的调制。当 $n=0$ 时, 有最大幅度; 当 $n=T_s/\tau_s$ 时, 幅度下降为零。

感光器件中每一个像素对应的感光单元有一定宽度, 且感光单元之间的间隔很小, 因而抽样脉冲宽度与抽样周期相同, 即 $\tau_s \approx T_s$, $n=1$ 时, 输出信号幅度就下降为零。由此, 感光器件输出的高频信号幅度会明显降低, 这就是摄像机的水平孔阑效应。

防止孔阑失真的方法有如下两种:

①抽样脉冲尽量窄

令抽样脉冲窄, 即 $n < 1$, 则高频信息的对比度会有所提高。但是, 对于摄像机来说, 感光器件不可能做到无限小, 抽样脉冲不能无限窄。这是因为, 在相同的感光技术前提下, 感光面越大, 摄像机越灵敏, 但抽样脉冲会越宽。

②模数变换后加入高频补偿

摄像机感光器件输出的模拟信号已经有一定程度的孔阑失真。该信号经过 AD 变换后成为数字视频信号。摄像机数字视频处理系统的轮廓校正(DTL)模块可对其进行高频补偿, 从而增强高频部分的图像信号对比度。除此以外, 也可通过计算机软件完成同样的处理过程, 不过, 摄像机数字处理模块可以保留较高的精度, 处理效果会比较好。轮廓校正部分将在第2章进行详细讲解。

2. 量化

将抽样的样值变为在幅度上离散的有限个二进制信号, 这就是量化。抽样使时间上的连续信号变为离散信号, 量化又使幅度上的连续变为离散。

在图1-4中, 曲线表示被抽样的模拟信号; 竖线表示量化后的样值电平; Q 表示量化间距; m 表示量化电平的级序, m 所指的位置表示此处的量化电平为 mQ 。在这里所有的量化间距都是相等的, 因而被称为均匀量化或线性量化。量化后的样值电平与原来的模拟信号电平之间是有误差的, 这个误差被称为量化误差。一般采用四舍五入的方法来处理被量化样值与预定的量化电平之间的差值。比如, 电平在 $mQ \pm Q/2$ 范围内的模拟信号样值, 其量化电平都定为 mQ 。这种量化方式的最大量化误差为 $|Q/2|$ 。

若输入信号的动态范围为 S , 则总的量化电平级数 $M = S/Q$ 。以二进制编码时, 所需的比特数 n 与 M 的关系为:

$$M = 2^n \quad \text{公式(1-5)}$$

量化误差是数字系统中特有的损伤源。量化误差可以看作是一种噪声, 即量化噪声。这种噪声明显时, 会引起信号波形失真和图像上的伪轮廓效应。

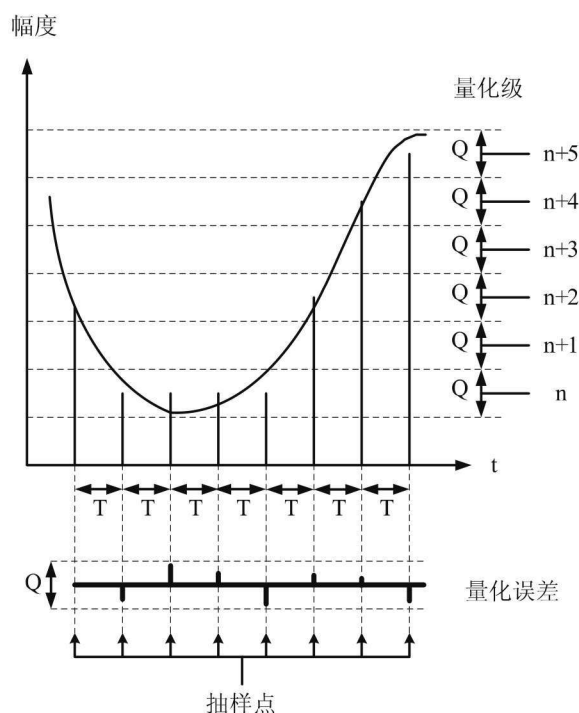


图 1-4 量化过程示意图

量化噪声是随机的,对于线性量化,其量化噪声的一阶概率在 $-Q/2$ 至 $+Q/2$ 区间是均匀分布的。于是求得量化噪声的均方差为 $Q^2/12$, 噪声有效值为 $Q/\sqrt{12}$ 。D/A 变换后的输出信号峰峰值为 $2^n Q$ 。在一个理想的数字视频系统中,输出信号的峰峰值 S 与量化噪声的有效值 N_{rms} 之比为:

$$\frac{S}{N_{rms}} = 20 \lg \frac{2^n Q}{\frac{Q}{\sqrt{12}}} = (6.02n + 10.8) \text{ dB} \quad \text{公式(1-6)}$$

上式在模拟输入信号电平占有整个量化范围时成立。此外,尚有以下两个实际因素影响 S/N_{rms} :

① 视频信号的实际带宽限制到 f_{max} , 使 S/N_{rms} 提高一个量值, 即 $10 \lg(f_s/2f_{max})$ 。

② 实际视频信号峰峰值不占满量化范围时对量化信噪比的影响: 即量化范围大于视频信号峰峰值, 则 S/N_{rms} 将小一些。

考虑以上两个因素, 公式(1-6) 修正如下:

$$\frac{S}{N_{rms}} = 6.02n + 10.8 + 10 \lg \frac{f_s}{2f_{max}} - 20 \lg \left(\frac{V_q}{V_w - V_B} \right) \text{ dB} \quad \text{公式(1-7)}$$

式中, n 表示每个样值的量化比特数; f_s 表示抽样频率; f_{max} 表示视频信号的最高频率; V_q 表示量化范围; V_w 表示视频信号的白色电平; V_B 表示视频信号的黑色电平。

量化会给 AD 变换后的图像带来伪轮廓现象和颗粒杂波现象。

(1) 伪轮廓

量化比特数过低,会造成明显的伪轮廓现象,如图 1-5。信号量化区间太大、图像大面积缓慢变化(如红色、黄色渐变的花瓣)时,会出现不连续的跳变,即在图像的缓变区出现从一个量化电平到另一个量化电平之间的轮廓线,这实际上就是图像的等量化电平线。这种轮廓线是原图像所没有的,被称为伪轮廓现象,即轮廓效应。



(a) 量化比特数较高

(b) 量化比特数较低

图 1-5 伪轮廓现象

为了去除伪轮廓,可利用随机高斯噪声信号发生器产生适当的颤动信号,叠加到原图像信号中,使人们察觉不到轮廓效应的存在。数字电视中使用最多的颤动信号频率为抽样脉冲的 $1/2$ 、峰峰值为量化间隔的 $1/2$ 的方波信号。不过,这种方法并不能直接去除伪轮廓。实际应用中,人们尽量使用较高的量化比特数进行量化,避免出现伪轮廓现象。

(2) 颗粒杂波

小信号的量化区间太大,造成量化噪声太大,使得小信号区域即图像暗部区域信噪比不足,表现为图像在这个区域内出现颗粒状的杂波。相对明亮区域而言,人眼对暗部图像中的噪点更敏感。

欲减少颗粒杂波,可采用非线性量化,即减少小信号的量化区间;还可以采用压缩扩张的编解码方法,即在量化前先利用非线性器件将信号电平高的部分进行压缩,然后量化编码;解码 D/A 后的模拟信号再通过非线性器件对大幅信号进行扩张,恢复到原比例关系。这种方法扩大了小信号的动态范围,等效于“小信号细量化,大信号粗量化”。

3. 压缩编码

当前常用的图像压缩编码标准包括 MPEG-2、MPEG-4 等。许多压缩编码过程本身就包含了量化部分。因此压缩编码过程中引入的噪声,主要是其中的量化步骤带来的量化噪声。

(1) 差分脉冲编码 DPCM: 量化误差累积,造成边缘清晰度临界,即当被预测值处于图像突变边缘时,往往产生较大的预测误差。

(2) 变换编码 DCT: 由于 DCT 变换是基于 8×8 的块进行的,高频信息丢失后,块与块之间的交界处出现信号跳变,表现为“块效应”。

(3) 运动补偿: 画面活动剧烈时, 预测效果较差, “块效应”明显, 表现为运动物体边缘的“蚊音效应”。

1.2.2 数字标清演播室信号标准

数字标清演播室常用的数字分量信号的三个分量为 Y 、 C_R 、 C_B , 该信号可理解为从模拟分量信号进行取样、量化、编码得来的。我们把模拟基带信号表示为 E_R' 、 E_G' 和 E_B' , 即红、绿、蓝三基色信号。

信号转换方程为:

$$E_Y' = 0.299E_R' + 0.587E_G' + 0.114E_B' \quad \text{公式(1-8)}$$

$$E_{CB}' = 0.564(E_B' - E_Y') \quad \text{公式(1-9)}$$

$$E_{CR}' = 0.713(E_R' - E_Y') \quad \text{公式(1-10)}$$

E_Y' 的取值范围在 0 与 1 之间, (1-9) 和 (1-10) 中的压缩系数为 0.564 和 0.713, 可以令转换后的色差信号 E_{CB}' 、 E_{CR}' 的数值保持在 $-0.5 \sim 0.5$, 这样该信号的范围就与亮度信号的量化范围一致了。

1. 样点分布行场定时关系

表 1-1 是 ITU-R BT. 601 的抽样参数, 我国数字电视演播室常用其中 625/50 (4: 2: 2) 的扫描标准, 即表 1-1 右侧一列。

表 1-1 625/50 扫描标准的 4: 2: 2 抽样参数

	525 行/60 场系统	625 行/50 场系统
每行总的样点数	Y: 858 C _B : 429 C _R : 429 总样点数: 1716	Y: 864 C _B : 432 C _R : 432 总样点数: 1728
每个有效行的样点数	Y: 720 C _B : 360 C _R : 360 总样点数: 1440	
抽样结构	正交: 行、场、帧内, 每行的 C _B 、C _R 样点位置与 Y 的奇数样点位置一致	
抽样频率	Y: 858 $f_s = 13.5 \text{ MHz}$ C _B 和 C _R : 429 $f_s = 6.75 \text{ MHz}$	Y: 864 $f_s = 13.5 \text{ MHz}$ C _B 和 C _R : 432 $f_s = 6.75 \text{ MHz}$

由于样点位置在垂直方向上逐行、逐场对齐, 即排成一列列直线, 故形成正交抽样结构, C_B 和 C_R 样点位置与 Y 的奇数位样点位置一致。

对于 625/50 扫描标准, 每行的 Y 样点数是 864 个, 编号为 0 ~ 863; 色差信号的样点数是 432 个, 编号为 0 ~ 431; 亮度有效行的样点数是 720 个, 编号为 0 ~ 719; C_B 和 C_R 有效行样点数都是 360 个, 编号为 0 ~ 359。

行消隐持续 144 个抽样周期, 为第 720 ~ 863 周期。数字有效行持续时间为 $720 \times 1 / 13.5 \text{ MHz} = 53.333 \mu\text{s}$, 其中第 0 ~ 9 个样点持续时间为 $10 \times 1 / 13.5 \text{ MHz} = 0.74 \mu\text{s}$, 在 D/A

变换时用来形成行消隐的后沿;最后的第 712 ~ 719 个样点持续时间为 $8 \times 1/13.5\text{MHz} = 0.59\mu\text{s}$,用于形成模拟行消隐的前沿。数字有效行内的第 10 ~ 711 个样点持续时间为 $702 \times 1/13.5\text{MHz} = 52\mu\text{s}$,这是持续传送图像内容的模拟有效行持续期,参看图 1-6。

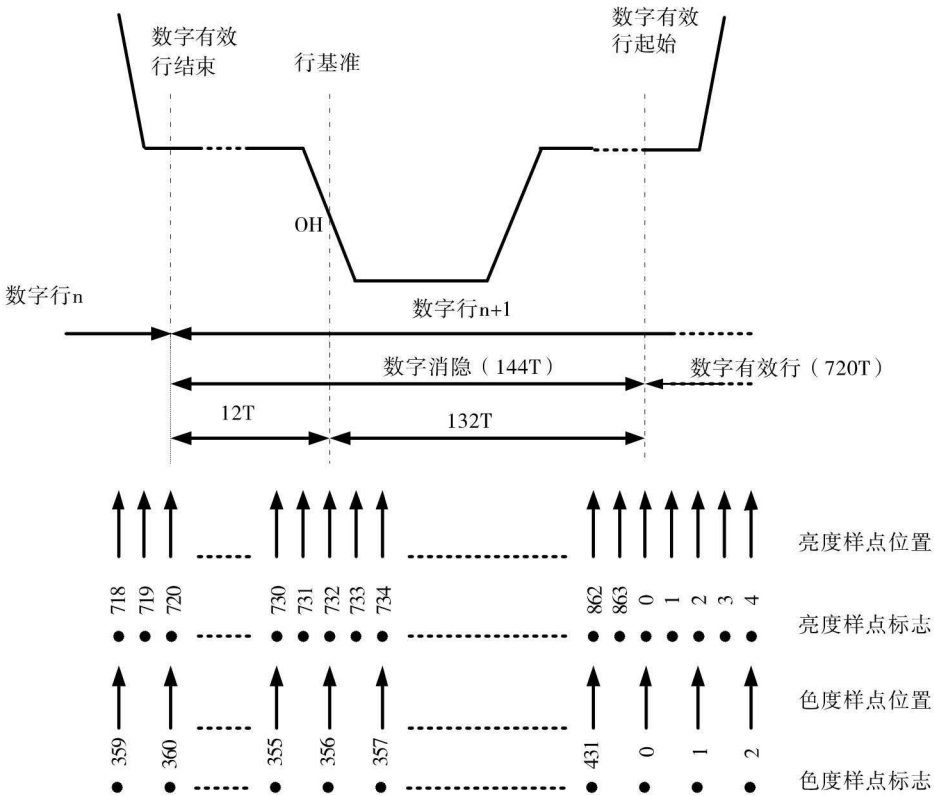


图 1-6 625/50 标准的 4: 2: 2 样点位置与行同步之间的关系

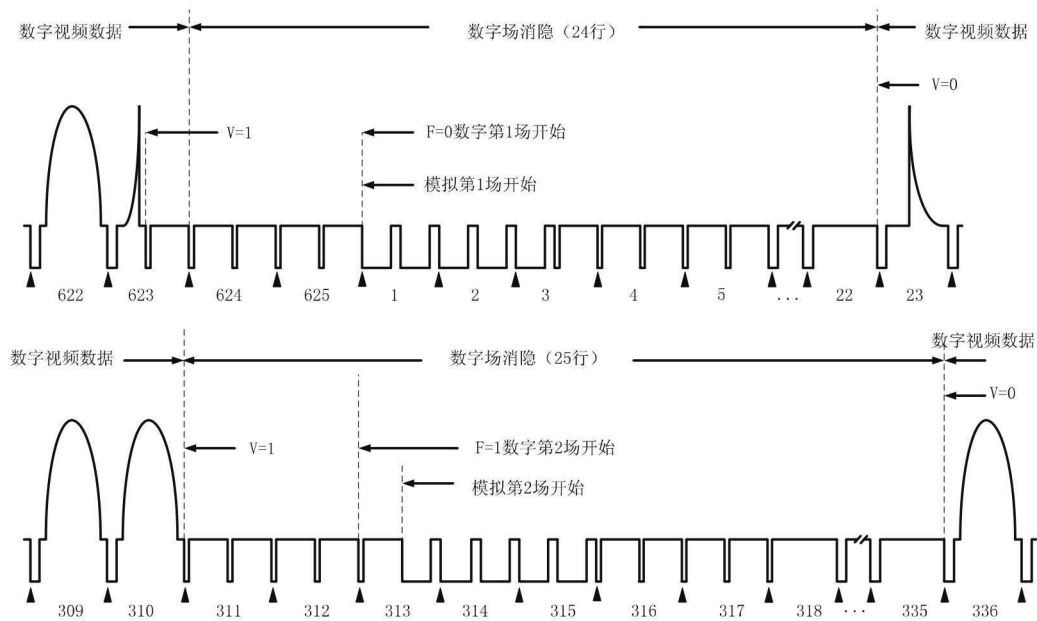
为了避免处理半行数字信号,视频数字场与模拟场的场消隐不同,图 1-7 示出 625/50 标准的 4: 2: 2 数字场与模拟场之间的关系。为避免处理半个数字行,两场的有效行数都定为 288 行,且第 1 场的场消隐期为有效行前的 24 行,第 2 场的场消隐期为有效行前的 25 行。

2. 亮度和色度数据的时分复用

根据需要,亮度数据和色度数据可以单独传输或采用时分复用的方式传输。时分复用时每行的总样值(字)数为 1716 个(525/60 扫描标准),编号为 0 ~ 1715,或为 1728 个(625/50 扫描标准),编号为 0 ~ 1727。

在数字有效行内复用数据的字数对两种扫描标准是一致的,都是 1440 个,编号为 0 ~ 1439;在数字消隐期间复用数据的字数对两种扫描标准是不同的,625/50 标准为 288 个,编号为 1440 ~ 1727,如图 1-8 所示。

在比特并行输出时分复用器的输入端,输入的模拟信号 E_Y' 、 E_{CB}' 和 E_{CR}' 经过抗混叠的低通滤波器后,进入各自的 A/D 变换器,输出的 Y 数字信号速率为 13.5 兆字/秒,抽样间隔为 74ns; C_B 和 C_R 数字信号的速率为 6.75 兆字/秒,抽样间隔为 148ns,且三个数字



注：两个数字场都有288个有效行，第一场的数字场消隐24行，第2场的数字场消隐25行。

图 1-7 625/50 的数字场与模拟场之间的关系

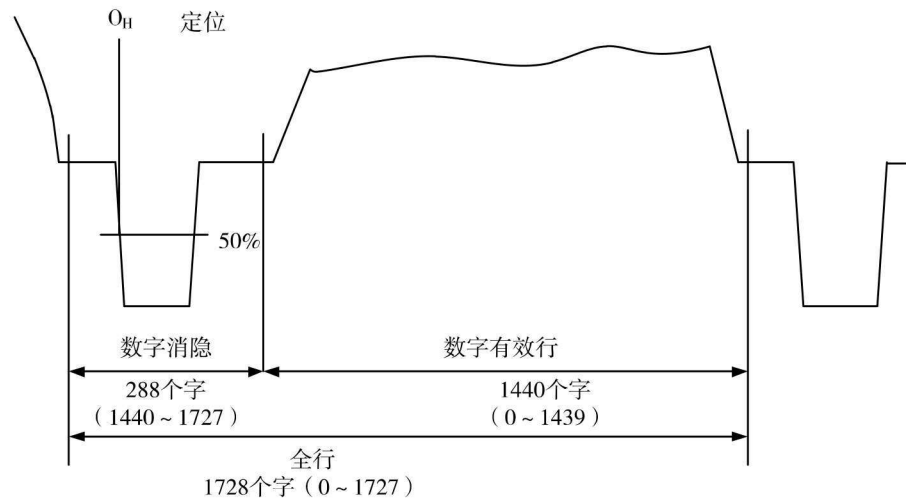


图 1-8 625/50 标准的复用数据的字数分布

信号并行进入数字合成器。

合成器输出数据的速率是 27 兆字/秒,每个字的间隔为 37ns。三个分量信号按 C_B、Y、C_R、Y、C_B、Y……的顺序输出。C_B 和 C_R 的样点与奇数位(1、3、5……)的 Y 样点位置一致。前三个字(C_{B1}、Y₁、C_{R1})属于同一个像点的三个分量,紧接着的 Y₂ 是下一个像点的亮度分量,它只有 Y 分量。每个有效行输出的第一个视频字应是 C_B。

3. 定时基准信号(TRS) EAV 和 SAV 的位置

数字分量标准规定,不直接传送模拟信号的同步脉冲,而是在每一行的数字有效行数

据流(复用后的亮度、色差数据)之前(后),通过复用方式加入两个定时基准信号(TRS) EAV 和 SAV。SAV(占 4 个字)标志着有效行的开始,而 EAV (占 4 个字)标志着有效行的结束,具体位置见图 1-9。对于 525/60 扫描标准,其定时信号 EAV 的位置是字 1440~1443, SAV 的位置是字 1712~1715;对于 625/50 扫描标准,EAV 的位置是字 1440~1443,SAV 的位置是 1724~1727。在场消隐期间,EAV 和 SAV 信号保持同样的格式。

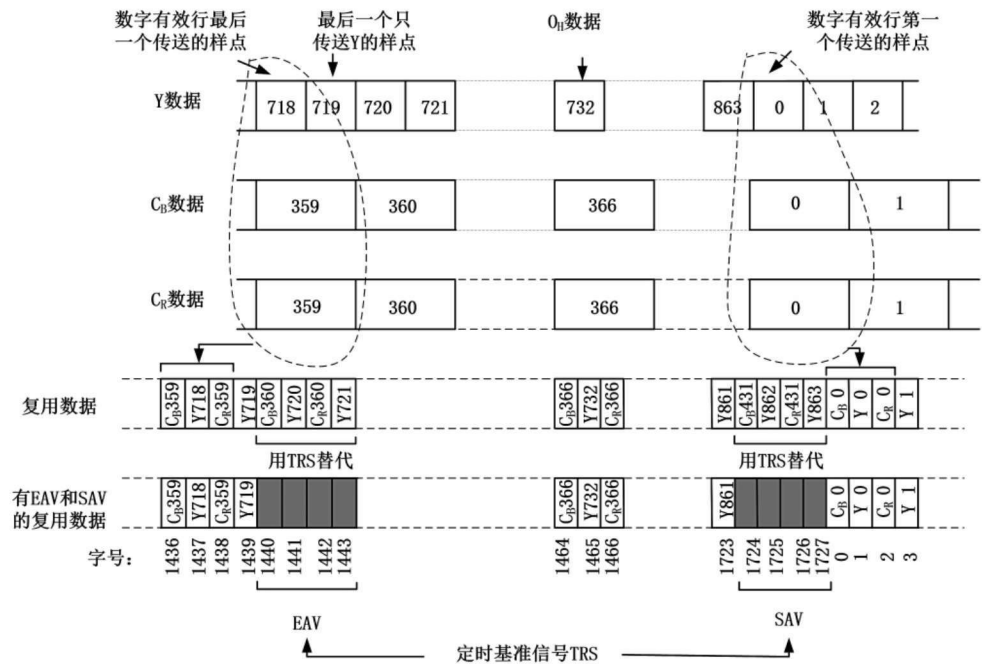


图 1-9 625/50 标准的数字行消隐及数据合成

4. 数字分量的量化电平

现以 100/0/100/0 彩条信号为例,说明数字分量信号对量化范围的规定。

(1) 亮度分量

亮度分量的模拟信号电平与其相对应的数字信号样值(即量化电平)之间的关系如图 1-40 所示。图中示出了 8 比特量化和 10 比特量化两种情况下的对应样值,每个样值都分别以十进制数和十六进制数表示其量化级数(亦称量化电平或数字电平)。

在 10 比特量化系统中共有 1024 个数字电平(2^{10} 个),用十进制数表示时,其数值范围为 0~1023;用十六进制数表示时,其数值范围为 000~3FF。数字电平 000~003 和 3FC~3FF 为储备电平(Reserve) 或保护电平,这两部分电平是不允许出现在数据流中的,其中 000 和 3FF 用于传送同步信息。

模拟信号进行 A/D 变换时,其电平不允许超出 A/D 的基准电平范围,否则会发生限幅,产生非线性失真,所产生的谐波在抽样后会引入频谱混叠。因此,标准中规定了储备电平,确保即使模拟信号电平达到储备电平范围仍不会发生限幅,防止产生混叠失真。但储备电平的数字不进入数据流,D/A 后恢复的模拟信号也不会出现储备电平范围的信号。