

电视摄象录象技术与 编导知识讲义

汪国兴 王 顺 冯景清 刘洪滨

吉林省卫生宣传教育所
吉林省高等学校电化教育学会技术部

电视摄象录象技术与 编导知识讲义

汪国兴 王 顺 冯景清 刘洪滨



ZL183490

吉林省卫生宣传教育所
吉林省高等学校电化教育学会技术部

281743

TN946
WI

281743



ZL183490

编辑：陈 寰

J4030	73.3.29		
J4029	76.4.16		

电视摄象录象技术与编导知识讲义

汪国兴 王 顺 冯景清 刘洪滨

吉林省卫生宣传教育所出版
吉林省高等学校电化教育学会技术部

吉林省高等学校电化教育学会技术部

吉林省长春市工商联营企业公司印刷厂

讲义经吉林省文化厅(84)001号批准内部发行

*

开本: 787×1092 $1\frac{1}{16}$ 印张: 19 $1\frac{1}{8}$ 插图: 111 幅 字数: 25 万字

1984年3月第一次印刷 印数：1000册

工本费：3.60 元

前 言

随着电化教育的深入开展,电视摄像、录象技术日益普及,并在四化建设中发挥了越来越大的作用。近几年来,许多学校和教育、科研、宣传,文化等部门,都购置了一定数量的电视摄像、录象设备,并开展了工作。为帮助广大专职和兼职电教技术人员和教师、科研工作者全面了解、掌握电视摄像、录象和编导的理论、技术知识,我们编写了《电视摄像录象技术与编导知识讲义》。该书是作者几年来教学、科研和编导工作实践经验的总结。它较详细、系统地介绍了目前国内常见的摄像机、录象机、监视器的工作原理、使用、维护知识和电视演播室设计管理技术;以及教学、科研,宣传电视录象片编导和制作的步骤、方法。本书可作为从事此项工作同志的入门指导和提高的参考。

讲义共分十二章。其中第一、四章由吉林大学汪国兴副教授编写;第二、三章由吉林工业大学王顺工程师编写;第五、六、十二章由长春地质学院冯景清讲师编写;第七、八、九、十、十一章由吉林大学刘洪滨讲师编写。

讲义的编辑是:吉林省卫生宣传教育所电教科陈寰同志。

由于我们经验不足,理论水平不高、加之时间仓促,缺点、错误在所难免。希望广大读者提出批评、指正,以便进一步提高。

编 写 组

一九八四年三月

目 录

前 言

第一章 彩色电视的基本知识	(1)
§ 1—1 引 言	(1)
§ 1—2 电视发展简况	(1)
§ 1—3 三基色原理	(1)
§ 1—4 视频图象信号	(3)
§ 1—5 彩色电视制式概述	(5)
§ 1—6 NTSC 制	(5)
§ 1—7 PAL 制	(7)
§ 1—8 SECAM 制	(8)
第二章 彩色电视摄象机	(11)
§ 2—1 概 述	(11)
§ 2—2 摄象管与摄象机	(11)
§ 2—3 彩色电视摄象机 DXC—1200P的调整和使用	(17)
§ 2—4 彩色电视摄象机 DXC—1610P的调整和使用	(21)
§ 2—5 彩色电视摄象机 DXC—1640P的调整和使用	(24)
§ 2—6 彩色电视摄象机 HVC—2000P的调整和使用	(29)
§ 2—7 彩色电视摄象机 DXC—1800P的调整和使用	(35)
§ 2—8 彩色电视摄象机 DXC—1850P的调整和使用	(42)
§ 2—9 彩色电视摄象机KY — 2700E的调整和使用	(46)
§ 2—10 彩色电视摄象机 DXC—6000P的调整和使用	(49)
§ 2—11 一体化摄录机BVW— 1 P、BVW— 3 P简介	(55)
§ 2—12 彩色电视摄象机 DXC—M 3 P 的调整和使用	(57)
§ 2—13 CCU—摄象机控制器简介	(61)
§ 2—14 彩色电视摄象机在使用前的准备	(65)
§ 2—15 彩色电视摄象机的调整	(68)
第三章 彩色电视接收机与监示器	(71)
§ 3—1 彩色电视接收机的电路构成	(71)
§ 3—2 彩色电视机的解码电路	(72)
§ 3—3 彩色显象管	(74)
§ 3—4 彩色电视机的电源	(76)
§ 3—5 索尼公司彩色电视接收机/监示器介绍	(78)
§ 3—6 典型监示器简介	(80)

§ 3—7 普通彩色电视机改做闭路监视器	(81)
§ 3—8 彩色电视机的维修	(82)
第 四 章 彩色盒式磁带录象机	(84)
§ 4—1 引 言	(84)
§ 4—2 电磁记录基本原理	(85)
§ 4-2-1 磁感应强度与磁场强度	(86)
§ 4-2-2 铁磁材料与磁滞现象	(87)
§ 4-2-3 电磁记录的基本方式	(89)
§ 4-2-4 磁头的录放原理	(90)
§ 4-2-5 消磁原理	(91)
§ 4—3 录象机的基本构造	(91)
§ 4-3-1 磁头系统	(92)
§ 4-3-2 磁带传送系统	(93)
§ 4-3-3 视频信号处理系统	(94)
(1) 视频信号的处理方式	(94)
(2) 记录通道	(96)
(3) 重放通道	(96)
(4) 时基误差及校正方法	(97)
(5) 非线性予加重	(97)
(6) 失落补偿	(98)
§ 4-3-4 伺服系统	(98)
§ 4—4 几种主要机型的比较	(101)
§ 4-4-1 U 型录象机	(103)
§ 4-4-2 β 型录象机	(109)
§ 4-4-3 VHS 型录象机	(112)
§ 4-4-4 其他 $\frac{1}{2}$ 英寸盒式磁带录象机	(115)
§ 4—5 录象机的使用与维护	(116)
§ 4-5-1 录象机的使用注意事项	(116)
§ 4-5-2 录象机的维护与简单故障的排除	(117)
第 五 章 闭路电视系统与演播室设备	(119)
§ 5—1 概 述	(119)
§ 5—2 彩色闭路电视系统	(119)
§ 5—3 演播室的类型和建筑要求	(120)
§ 5—4 演播室的灯光设计和使用	(122)
§ 5—5 演播室的配套设备及其功能	(124)
§ 5-5-1 多路信号分配器 MD—1200P、MD1600P	(125)
§ 5-5-2 特技效果发生器 SEG—2000P、SEG—1210P、SEG—2000P/PM、DIRECTOR—2000	(128)

§ 5-5-3	录象矢量插入/定时机	(138)
§ 5-5-4	字母添加器	(139)
§ 5-5-5	盒式磁带录象机编辑系统	(139)
§ 5-5-6	电影电视转换系统	(142)
§ 5-5-7	电视显微镜转换系统	(142)
§ 5-5-8	彩色附件加入器	(142)
§ 5-5-9	演播室和主控室的音频控制系统	(143)
§ 5-5-10	微计算机在电视演播室的应用	(143)
第 六 章	摄象技术与技巧	(146)
§ 6—1	概 述	(146)
§ 6—2	几何光学的预备知识	(147)
§ 6—3	彩色摄象机的光学系统	(150)
§ 6—4	彩色摄象机的照明要求	(157)
§ 6—5	摄象技术与技巧	(162)
§ 6—6	字幕摄象技巧	(179)
§ 6—7	特殊效果镜的应用技巧与效果	(181)
第 七 章	电视片的分类	(186)
§ 7—1	常见电视片的分类和特点	(186)
§ 7—2	电视教材的概念、特点及分类	(186)
第 八 章	编导的职责、学习和工作	(192)
§ 8—1	编导的学习和修养	(192)
§ 8—2	教学科研电视片的编导工作	(194)
第 九 章	教学科研电视片稿本编写	(200)
§ 9—1	稿本的分类和作用	(200)
§ 9—2	电视片文字稿本的编写	(201)
§ 9—3	电视片分镜头稿本的编写	(213)
第 十 章	教学科研电视片的构图	(224)
§ 10—1	教学科研电视片的画面特点	(224)
§ 10—2	教学科研电视片的画面布局	(225)
§ 10—3	教学科研电视片画面构图的表现手法	(230)
§ 10—4	教学科研电视片画面构图的因素	(239)
§ 10—5	教学科研电视片动画、字幕的设计和应用	(243)
第十一章	教学科研电视片镜头的组接	(246)
§ 11—1	蒙太奇技巧概述	(246)
§ 11—2	教学科研电视片镜头组接原则	(247)
§ 11—3	教学科研电视片画面的组接技巧	(250)
第十二章	常用视听设备词汇及控制面板缩写英汉索引	(256)

第一章 彩色电视的基本知识

§ 1—1 引言

电视录象设备是以电视技术与磁录技术为基础而发展起来的。要理解电视录象设备(主要是摄像机、录象机、电视机或监视器)的基本工作原理、必须具备电视和磁录技术的基本知识,至少应当对一些有关的重要基本概念有所了解。

在这一章里,先对彩色电视的某些重要基础知识作简单的介绍。至于磁录技术的基本原理,则放在论述录象机的第四章里加以介绍。关于摄像机、电视机的情况,则分别在有关章节里论述。

§ 1—2 电视发展简况

早在十八世纪末,人类在实现了利用电磁波传输电报和声音以后,就开始进一步研究如何使用无线电波传输图象等信息的问题。早期的电视就是应用光电元件将自然景物通过光学系统形成的光象转变为相应的电信号,通过电子线路的加工处理,以电磁波的方式传递到接收端,再经由电子线路的作用,最后在电视机显象管的荧光屏上重现原来景物的光象。在这样的传输过程中,自然景物的光学图象固然在接收端再现出来了,但只能见到灰度不同的黑白图象,而自然景物原来的绚丽色彩却完全失掉了。

怎样才能使电视机上显示出的图象也和实物那样丰富多彩呢?这在技术上有一系列的难题要解决。因此,在本世纪二十年代开展试验性的黑白电视广播后,一方面继续研究试验,不断提高黑白电视的质量,使它日趋成熟,另一方面又从1928年起开始研究有关彩色电视广播的种种问题,直到四十年代末,彩色电视技术才逐渐成熟而步入实用的阶段,终于由初期只能显示景物明暗图象的黑白电视发展到今日五彩缤纷的彩色电视。

现在的彩色电视图象质量,不只色彩鲜艳,而且清晰程度可和16毫米的彩色电影的画面对比。不久的将来,可望实现清晰度更高的彩色电视,甚至还可见到色彩逼真、宛如实物的立体电视。

§ 1—3 三基色原理

科学研究证明,可见光也是电磁波,波长很短,在整个电磁波谱中只占极其窄小的一段。不同波长的光波对人类视觉神经产生的刺激各不相同,引起的主观感觉也不一样。从波长780毫微米到380毫微米止的光波,映入人眼产生的主观感觉就是由红色到紫色的一系列色光。比它们的波长更长或更短的电磁波,人眼就感觉不到了。

由此可知，各种光源辐射的电磁波是物质，而由此产生的彩色视觉则是人类视觉神经对物质的反映，是一种主观感觉。

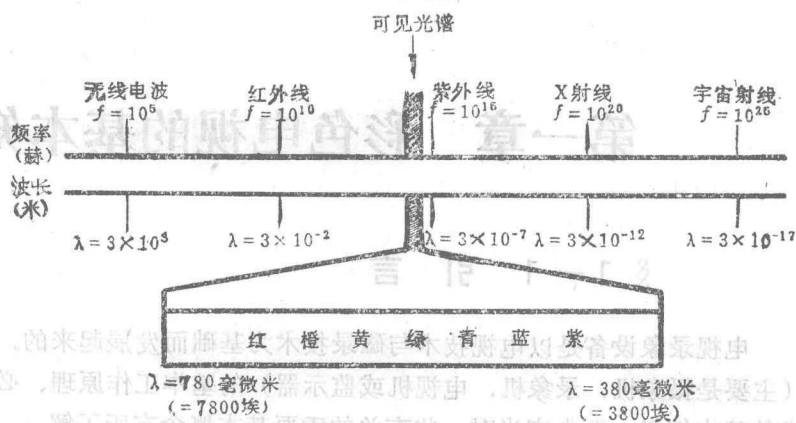


图 1—1 电磁辐射波谱

彩色视觉的生理现象很复杂，有待进一步研究。现在已经知道，在阴暗的环境里，人眼的视觉由感光灵敏度较高的杆状细胞起主导作用。它们只能感觉光的明暗程度，不能区别光的波长特性，也就是没有区别色彩的能力，所以人们在阴暗处不能辨别颜色，看到的東西都呈灰黑色。在明亮的条件下，锥状视觉细胞起作用了。它们具备亮度（但灵敏度低）与色觉两种机能。这是我们在明亮的场合才有彩色视觉的原因。从物理意义上来解释人的色觉，就是锥状细胞在光强超过一定限度后不只能感受光通量的多少而产生亮度感觉，而且还能感觉光波波长的变化，即对光的波长或频谱的不同分布具有选择地受刺激的特性。

太阳发出的耀眼光芒，对人眼产生刺激引起的色觉一般是白色光。但白色的日光通过三棱镜后却成为由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫一系列彩色光组成的光带，叫做太阳光谱。由此证明：白色的日光并非单色光，而是波长由长到短的一系列色光组合而成的。而且，科学实验还证明：将红、绿、蓝三种单色光以适当的比例配合起来，也可在视觉上产生白光的感觉。配合的比例改变，人眼见到的色彩就不同。因此，称红绿蓝为三基色。三基色光之间的亮度比决定光的颜色。彩色电视就是应用加法三基色原理来重现自然景物的彩色图象的。

在技术上彩色光可用三个特征来表达，即：亮度、色调与饱和度。亮度表示光在视觉上引起的明亮程度。色调表示呈现的颜色，它和光的波长有关。饱和度表示彩色的深浅程度。彩色越浓越纯，饱和度越高。也可以这样说：饱和度是表示某一彩色掺进白色的程度；或者说，是纯净的单色光被白光冲淡的程度。用三基色法再现的彩色，饱和度一般不很高。色调和饱和度，在彩电技术上通常合称为色度。黑白电视只需传送亮度信息以及保证接收端与发送端工作步骤一致的同步信号，兼容式彩色电视则在传输亮度信号等以外，还必须向接收端传送色度信息。这就是说，传送彩色电视图象时，除了和黑白电视那样必须将代表图象明暗的亮度信号传输出去外，还要通过彩色电视摄象机将自然景物的彩色光象分解为红、绿、蓝三基色信号，经过电子线路的加工处理，传送到接收端。彩色电视机收到输入的彩色电视信号后，经过有关电子线路的一系列处理，从而恢复表征图象明暗的亮度信息和表征图象色彩的色度信息，控制彩色显象管内的电子束流，最后在成千上万个能分别发出红绿蓝三种单色光小点组成的萤光屏上成象，人眼里

就产生了彩色图象的主观感觉。

实验证明，要想清晰地传送层次分明的黑白图象，亮度信号的频率分布在 0 到 6 兆赫之间。因为这是传送图象所必需的，通常称它为视频。

人眼对亮度差异的区别能力比较强，而对彩色的分辨能力却比较差。因此，在电视广播上，传送亮度信息的电信号频率一般不低于 4.2~6 兆赫，而在传送携带彩色信息的色度信号时却可以利用人眼对彩色分辨力不高的特点，将传送色度信号所需的频带宽度加以压缩。而且，为了不使彩色电视传送的信号频带大于黑白电视信号，还可采取编码等方法将携带色度信息的信号频率编织到亮度信号的频谱间隙中去。这叫做频谱交错或频谱间置。

实践证明，彩色电视广播实际上并不需要携带红绿兰三基色信息的信号全部传送给接收端，只须传送 (R-Y) 与 (B-Y) 这两个色差信号，在彩色电视接收机里仍然可用适当的方法合成为红绿兰三基色。三基色合成的各种彩色，与亮度有一定关系。例如电视台播送的彩条，若定白光为 100%，黑色亮度为 0，则呈现在彩色显象管荧光屏上的黑、兰、红、紫、绿、青、黄、白彩条，其亮度比分别为 0、11%、30%、41%、59%、70%、89% 和 100%。这个道理，可由黑白电视机收到彩条时会出现八条亮度不等的图象得到证实。

日常生活中见到的白光，多数是高温物体辐射的。太阳、白炽灯、蜡烛等发出的光，都可以称为白光，但白的程度显然不一样。为了区别不同温度物体发出的白光起见，科学家把光源发出的光和绝对黑体加热到某一温度时发出的光比较，二者看起来一致时，就把这一温度叫做白光光源的色温，色温的单位是绝对温度，即：K。例如，上午的太阳光，色温是 4800K；中午北方晴空的光照，色温为 6800K。前者色温低，偏红；后者色温高，偏兰。但都属于白光。拍摄彩色电视节目时，对照明光源有较高的要求。新型溴钨灯的色温为 3200K，比较适合彩色电视摄像机的要求。当然，光源的色温高于或低于 3200K 时，也可以采用适当的滤光片等来调整，同样可以得到比较满意的彩色图象。

§ 1—4 视频图象信号

电视屏幕上显示的画面，是由显象管内的电子束有规律地轰击荧光屏的发光涂料层

形成的。电子束从左到右的水平位移，称为行扫描。每秒钟内水平扫描的次数，叫做行频。我国的电视广播规定，一帧画面由 625 行组成。为了使这 625 行自上到下均匀排列起来，电子束还须作锯齿形的垂直扫描运动。通常采用所谓隔行扫描的方法，就是把 625 行均分为二，先传递第 1、3、5……等奇数行，再传递第 2、4、6……等偶数行。每传递 312.5

行，称为一场。我国规定每秒钟内垂直扫描的次数为 50 场，即场频为 50 赫。这样，每帧画面实际上由两场构成，可以避免人眼产生

闪烁的感觉。同时，也确定了电子束的水平扫描频率，即行频为 $312.5 \times 50 = 15,625$

(赫)。由此可以算出，行扫描的一个周期等于 64 微秒。行频、场频可因各国的电视标准而异。

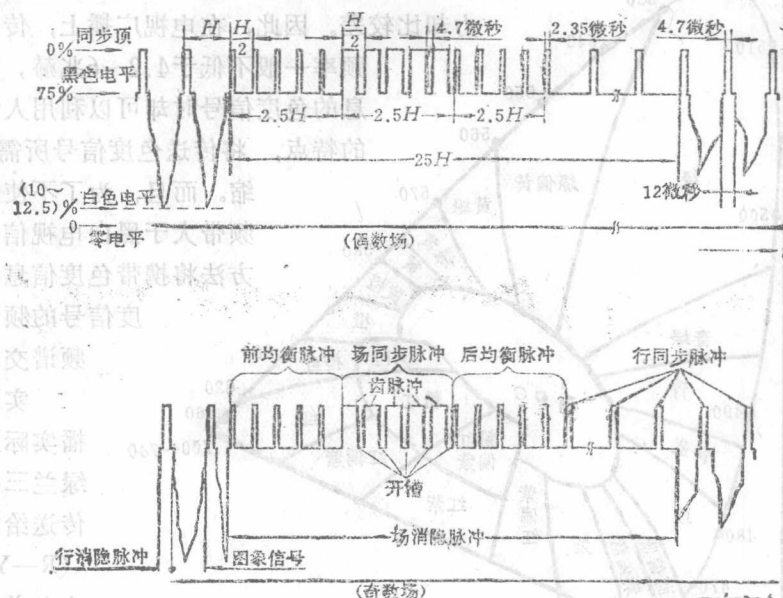


图 1—3 黑白全电视信号

要在电视机上看到清晰活动而稳定的

图象，显象管中的电子束不只在萤光屏上的扫描规律必须和电视发射台一致，而且在时间上也要保持步调一致。这就是说，不但要求电视机的行、场扫描频率必须与发射台保持一致，而且，电子束行、场扫描的相位也必须和发送端相同。如果只是扫描频率相同，而扫描的相位却不一致，就不可能正确重现稳定的图象。为了使电视机中行、场扫描的频率与相位都能够和发射台保持同步，在电视发射台传送出来的电视信号中，必须包含控制用的信号。

图 1—4 彩条全电视信号

因此，彩色电视系统传送的视频图象信号中，除出含有传输图象明暗信息的亮度信号和色彩信息的色度信号外，还须加上同步信号（包括色同步信号）以及消隐信号等。消隐信号的作用是使电子束在行、场扫描的回程中保证荧光屏不发光。

§ 1—5 彩色电视制式概述

黑白电视制式通常以每帧扫描行数、每秒扫描场数、信道频带宽度和隔行扫描方式等特征作为标志。至于彩色电视系统，除上述有关特征外，为了传输自然景物的色彩信息并使之重现，在发送端与接收端还必须采取某种特定的信号处理方式，从而出现具有不同特点的各种彩色电视制式，其主要的区分标志就是将三个信号（三个基色信号或由它们组成的亮度信号及色差信号）如何处理的方式。

从传送信号的时间关系看，彩色电视制式可分为：① 顺序制，② 同时制，③ 顺序同时制。在顺序制中，三个基色信号按一定的顺序轮流传送。从逐场、逐行和逐点轮换的特点看，顺序制又可分为场顺序制、行顺序制和点顺序制三种。在同时制中，携带彩色图象亮度信息与色度信息的三个信号是同时传送的。由于在发送端对它们进行特殊的频域处理，所以在接收端可以把它们分开。顺序同时制则是前两种方式的结合，在传送的信息中既有顺序传送的部分，又有同时连续传送的部分，但在显象时却不一定采用顺序同时混合方式，可以采用同时方式。

按使用目的来看，彩色电视制式可分为兼容制和非兼容制两大类。兼容制是为广播电视研制的，具有能以较高质量指标传送彩色图象外，还有以下两种特性，即：① 兼容性与逆兼容性。所谓兼容性，就是说传送的彩色电视信号也能由黑白电视机接收而显示通常质量的黑白图象。逆兼容性则指彩色电视机也能收看黑白电视广播节目。② 在扫描频率、频带宽度、伴音载频与图象载频以及二者之间的间距、行同步和场同步信号的各项指标等方面，和黑白电视广播的制式相同。非兼容制的彩色电视不具备上述特性，主要用于工业电视及科学研究等。

粗略地说，顺序制的优点是设备简单，彩色图象质量较好，缺点是兼容性差，占用频带较宽。同时制的优点是兼容性好，占用频带较窄（与黑白电视相同），彩色图象质量也好，缺点是设备比较复杂，亮度信号与色度信号间往往互有干扰。至于顺序同时制，优缺点基本上和同时制相似。

自从彩色电视出现以来，各国已经研制出了许多制式，其中有些已被淘汰，有些则在不同的场合采用。目前，实际用于彩色电视广播的，只有属于同时制的 NTSC 制和 PAL 制，以及属于顺序同时制的 SECAM 制三种。

无论是 NTSC 制、PAL 制或 SECAM 制，由于它们都采用了与黑白电视广播兼容的亮度信号，所以其差别主要体现在两个色差信号（ $R-Y$ 与 $B-Y$ ）对付载波的调制方式上。换句话说，由两个色差信号对付载波进行调制而形成的组合已调波信号，体现了所用制式的主要特点。这个已调付载波信号，叫做色度信号。

§ 1—6 NTSC 制

NTSC 制是1953年美国研制成功的一种兼容式彩色电视制式。NTSC 是 National Television Systems Committee（国家电视系统委员会）的缩写词。从这种制式色度信号的

特点来看,可以称为正交平衡调幅制,它有两方面的含意,一是平衡调制,一是正交调制。

所谓平衡调制,就是采用了抑制载波的调制方法。在调幅制中,已调信号的幅度随调制信号而变化,其数学表达式为:

$$E_M = (E_0 + \Delta E \cos \Omega t) \cos \omega_s t \quad (1.1)$$

式中, E_M 表示已调信号的幅度, E_0 为调制前的载波电压幅度, ΔE 为调制信号电压的幅度, ω_s 为载波的角频率, 即 $\omega_s = 2\pi f_s$, Ω 则是调制信号的角频率。将上式展开,可写成:

$$\begin{aligned} E_M &= E_0 \cos \omega_s t + \Delta E \cos \Omega t \cos \omega_s t \\ &= E_0 \cos \omega_s t + \frac{\Delta E}{2} \cos(\omega_s + \Omega) t + \frac{\Delta E}{2} \cos(\omega_s - \Omega) t \end{aligned} \quad (1.2)$$

由上式可知,载波被频率为 Ω 的信号调制后,就变成三个频率成分,即一个是载频 ω_s ; 一个为 $(\omega_s + \Omega)$, 称为上边频; 另一个为 $(\omega_s - \Omega)$, 叫做下边频。如果调制信号具有许多频率成分,则上、下边频就扩展成为上边带和下边带。而且,由式可知,所传送的信息能量都包含在边带内,并不在载波中,所以将载波抑制掉并不影响信息的传送。在兼容制彩色电视中,用色信号去调制彩色付载波后,若不抑制彩色付载波,则当黑白电视机收到彩色付载波时,在黑白图象上还会出现亮点与暗点互相间隔的点状结构,造成干扰,所以必须抑制不传输信息的彩色付载波。

平衡调制就是使调制信号和付载波信号平衡对称地输入调幅器去。所谓平衡对称,就是同时取幅度相同而极性相反的信号。当调制信号 $\Delta E \cos \Omega t$ 与载波信号 $E_0 \cos \omega_s t$ 都是负极性时,调幅器的输出就成为:

$$\begin{aligned} E_M' &= (E_0 - \Delta E \cos \Omega t) (-\cos \omega_s t) \\ &= -E_0 \cos \omega_s t + \Delta E \cos \Omega t \cos \omega_s t \end{aligned} \quad (1.3)$$

当正极性的 E_M 和负极性的 E_M' 在平衡调幅器的负载上相加时,它们各自的载波分量正好互相抵消,而上下边带的分量是相加的,即:

$$\begin{aligned} E_{\text{平衡}} &= E_M + E_M' = 2\Delta E \cos \Omega t \cos \omega_s t \\ &= \Delta E \cos(\omega_s + \Omega) t + \Delta E \cos(\omega_s - \Omega) t \end{aligned} \quad (1.4)$$

上式就是平衡调幅器输出电压 $E_{\text{平衡}}$ 的表达式,显然不包含载波分量在内了。

如果把两个信号分别调制在频率相同,但相位差为 90° 的载波上,即互相正交的两个载波上,就叫做正交调制。例如,将色差信号 $E_u (=E_R - E_Y)$ 调制在彩色付载波 $\sin \omega_s t$ 上,而把另一个色差信号 $E_v (=E_B - E_Y)$ 调制在彩色付载波 $\sin(\omega_s t + 90^\circ) = \cos \omega_s t$ 上,然后把这两个已调信号合成在一起送出去(NTSC制实际传送的是Q、I色差信号,相差 33° 角)。因两个色差信号去调制同一彩色付载波时都采用平衡调制法,所以可用 E_u 与 E_v 代替式(1.4)中的调制信号 $\Delta E \cos \Omega t$,于是就可用下式表示正交调制信号电压:

$$E_{\text{正交}} = E_u \sin \omega_s t + E_v \cos \omega_s t \quad (1.5a)$$

$$\text{若令 } \sqrt{E_u^2 + E_v^2} = A, \arctg \frac{E_v}{E_u} = \varphi,$$

则式(1.5a)可以改写为:

$$E_{\text{正交}} = A \sin(\omega_{st} + \varphi) \quad (1.5b)$$

式中的 A 既然由色差信号 E_u 与 E_v 的大小所决定, 而相位角 φ 则由 E_u 与 E_v 相互间的比例关系来决定, 可知前者代表了彩色的饱和度, 后者反映了彩色的色调。

为了减少亮度信号和色度信号间的相互干扰现象, 除采用平衡调幅以外, 还须根据标称视频带宽与色度信号频带, 选用尽可能高的付载频以实现亮度信号与色差信号的频谱交错。NTSC 制的付载频通常选用行频一半的奇数倍, 即: $f_s = \frac{1}{2}f_H \times 455 \approx 3.58$ 兆赫。此外, 为了在接收端的同步检波器实现亮度信号与色差信号的正确分离, NTSC 制的编码器还专门产生一个色同步信号来传送同步检波器需要的付载波相位信息。

NTSC 制采用平衡正交调制法解决了彩色电视和黑白电视广播相互兼容的问题, 但存在着彩色不太稳定的缺点, 容易由相位失真引起彩色失真。

采用 NTSC 制的国家, 有美、日等国。

§ 1—7 PAL 制

为了克服 NTSC 制相位敏感的缺点, 1962 年在西德提出了一种改进方案, 叫做逐行倒相 (Phase Alternation by Line) 制, 简称为 PAL 制。我国的彩色电视广播采用了 PAL 制。此外, 还有西德和欧亚等洲的许多国家。

PAL 制和 NTSC 制一样, 也同时传送两个色差信号 $B-Y$ 与 $R-Y$ 。不过 $R-Y$ 信号是逐行倒相的, 它和 $B-Y$ 信号对付载波进行正交调制。换句话说, 就是一个已调色信号分量 $E_u \sin \omega_{st}$ 维持不变, 另一个已调色信号分量 $E_v \cos \omega_{st}$ 的付载波却逐行倒相。例如, 设传送前一行时是 $(E_v \cos \omega_{st})$, 而传送后一行时让它成为 $(-E_v \cos \omega_{st})$, 再下一行又是 $(+E_v \cos \omega_{st})$, 如此逐行交替传送。因此, PAL 制的已调色信号可以用下式表示:

$$E_{\text{PAL}} = E_u \sin \omega_{st} \pm E_v \cos \omega_{st} \quad (1.6)$$

式中, $\pm$ 代表逐行改变正、负极性, 所以 $E_v \cos \omega_{st}$ 就成为逐行倒相的色信号分量了。

采用逐行倒相的方法, 在传送过程中若发生相位变化, 则因相邻两行相位相反, 可以起到互相补偿的作用, 从而能克服相位失真引起的色调改变。

在接收端, 可利用人眼的惰性对两行色调有偏差的颜色起平均作用。例如, 在彩色显象管萤光屏上, 若上一行呈现紫偏红色, 下一行却呈紫偏蓝色, 映入人眼, 看起来却可折衷成为原来的紫色, 感觉不到彩色畸变。但是, 由于彩色显象管特性的非线性, 相位失真还会引起亮度失真, 相邻行上亮度失真比较大时, 图象就会出现明暗交替的水平条纹等现象。

比较完善的办法是采用延时线把两行色信号加以平均。此法得到的平均彩色的饱和度会比原来的低一些, 但人眼对色调的变化比较敏感, 对色饱和度的改变却不敏感, 所以影响不大。

由于某些技术特性上的区别, PAL 制还可细分为 PAL-D 等五六种方式, 它们的水平扫描线数和行频场频等多数相同, 即为 625 行、15625 赫及 50 赫, 但图象带宽等不

同。(与 NTSC 制比较, 当然更不一样, 其中之一是 PAL 制选用的彩色付载频为: $f_s = 183 \frac{3}{4} f_H + 25 \approx 4.43$ 兆赫)。

PAL 制中 V 信号的付载波既是逐行倒相的, 接收端解调 V 信号用的付载波也应当逐行倒相, 所以送到 V 信号同步检波器去的付载波必须先经过叫做 PAL 开关的电子开关实现逐行倒相。为了使 PAL 开关正确地切换, 就要使它能正确识别哪一行是倒相的。这个识别功能是由色同步信号提供的。因此, PAL 制的色同步信号比 NTSC 制的多一项任务, 既要给出付载波的频率和相位, 又要给出 V 信号的切换极性。由此可知, PAL 制的色同步信号是和 NTSC 制的大不相同的。

在 PAL 制彩色电视机里, 通常采用延时解调器来平均相邻两行的色信号, 以要求更好地改善色调畸变。延时解调器由延时线、加法器和减法器组成。已调色信号进入延时解调器时分成三路, 一路经延时线, 另两路分别送入加法器和减法器。延时线是延时解调器的核心部分, 它的作用是将已调色信号延迟一个行周期的时间, 然后由已延时的信号和未延时的直达信号在加法器和减法器里合成。当已延时的行信号到达加法器和减法器时, 未延时的直达信号却已到下一行 (即 $n+1$ 行) 去了。由于延时线延迟一个行周期, 即延时信号比直达信号晚到一个行周期的时间, 所以可通过加法器与减法器来实现相邻两行色信号的平均。

标准 PAL 制彩色电视接收机中的延时线, 现在常用超声波延时线。这个重要元件的主体是玻璃棒, 两端装有压电换能器。输入端的压电换能器把输入信号电压转变为超声波, 利用超声波在玻璃棒中传送需要一定的时间, 从而实现延迟信号到达时间的目的。超声波经过精确的时延以后到达输出端, 再由压电换能器恢复为原来的电信号。传输过程中的损耗, 可用输出变压器等加以补偿。

延时解调器的另一个重要作用是在同步检波以前就把已调色信号的两个分量 U 和 V 分开。延时解调器的频率响应曲线呈梳状, 所以又叫梳状滤波器。

PAL 制对相位误差不敏感, 重现图象的彩色受传输误差的影响较小; 亮度信号与色度信号相互间的干扰较小; 由于梳状滤波器的存在, 亮度信号与杂波对色彩的干扰减少; 兼容性较好。但 PAL 制的编码器、解码器都比 NTSC 制的复杂, 信号处理也比较麻烦, 所以接收机的造价高些。而且, 对于某些类型录象机, 如高密度记录方式的简易录象机, 由于 PAL 制色度信号比 NTSC 制复杂, 给电路设计增添了难度。

目前, 世界各国彩色电视广播采用 PAL 制的比较多。

§ 1—8 SECAM 制

SECAM 是法文 Séquentiel Couleur À Memoire 的缩写词, 意为: 顺序传送彩色与存储。关于这种方式的基本概念, 最早在 1956 年由法国人提出来, 其后经过研究, 多次更改, 直到 1966 年形成参数最佳化的现行 SECAM III—b 制。法国、苏联及东欧一些国家的彩色电视广播实行 SECAM 制。

在 SECAM 制中, 两个色差信号 (R-Y) 和 (B-Y) 是逐行依次传送的, 因而在同一

时间内在传输通道中只存在一个信号，当然不会出现互串现象。这就是说，SECAM 制是用错开传输时间的办法来避免串色及由其造成的彩色失真。至于亮度信号，仍是每行都传送的。由此可知，SECAM 制是一种顺序同时制。

当然，在接收端如果没有同时存在的亮度信号 Y 、色差信号 $(R-Y)$ 与 $(B-Y)$ ，要想恢复重现彩色图象所必需的三基色 R 、 G 和 B 信号，几乎是不可能的。因此，在 SECAM 制彩色电视机里的解码器必须用延迟线将收到的信号储存一行时间，使每一传送的色差信号可以使用两次。在被传送的一行使用一次；在未被传送的一行，将储存在延迟线里的信号再利用一次。这样，便可补足少发的那一行色差信号，保证在同一时间既有亮度信号 Y 也有两个色差信号 $(R-Y)$ 和 $(B-Y)$ 存在。现行 SECAM 制解码器的延迟线采用了付载频超声波延迟线，延迟时间相当于一个行周期。

SECAM 解码器中的存储复用电路，由延迟线和电子开关构成。加到此电路输入端的，是由 $(R-Y)$ 和 $(B-Y)$ 逐行轮流调制的付载波信号 e_{SR} 和 e_{SB} 。一路直接由电子开关输出，另一路由延迟线储存一行时间后再经由电子开关输出。例如，在传送 e_{SR} 的行，直通分支输出的是 e_{SR} ，等到下一行，传送来的信号是 e_{SB} ，于是直通输出 e_{SB} ，而延迟输出 e_{SR} 。为了保证一个输出端总是输出 e_{SR} ，另一个输出端总是输出 e_{SB} ，电子开关必须逐行切换。而且，开关处于哪一种状态，必须和传送哪一个信号有确定的关系。否则，虽然一个输出端只输出 e_{SB} 或 e_{SR} 中之一，但究竟输出哪一个仍不确定。换句话说，解码器中的开关必须和决定传送顺序的编码器中的开关同步地工作。因此，SECAM 制中也需要传送识别信号，以便在解码器中开关状态出现错误时能够将其纠正。开关的正常切换可由同步脉冲来控制。

在 SECAM 制中，色差信号对付载波的调制方式不同于 NTSC 制及 PAL 制的调幅制，而是调频制。这样，在传输过程中引进的微分相位失真不会对大面积的彩色产生影响，只在垂直边界上使彩色有所改变。而且，调频信号在进入频率检波器以前还可用限幅器削平振幅，所以 SECAM 制的色度信号几乎不受幅度失真的影响。此外，采用了调频色度信号及频率检波方式，就不必传送付载波的相位信息。

从 SECAM 制色度信号与解调的特点来看，SECAM 制也可以称为顺序传送与存储复用调频制。

SECAM 制既然是用付载波的频率来传送彩色信息，也就无法用付载频偏置的办法解决兼容问题。而且，对于无彩色图象，色差信号固然为 0，但付载波依然存在，只是频率未被调制罢了。因此，为了解决兼容问题，SECAM 制采取了两个措施。一是按一定规律对付载波进行逐行、逐场的定相处理来减少付载波干扰光点的可见度。二是压低色度信号的幅度。后一措施在减少干扰光点的可见度虽有效，但同时却降低了色度信号的信噪比，亮度串色的影响也会变得严重起来，甚至在亮度突变时可使接收机的鉴频器不能正常工作。为了解决这些问题，在 SECAM 制的色度信号形成过程中，采取了两次预加重处理，以便提高小幅度色差信号对杂波和干扰的抗御能力。第一次预加重对视频色差信号进行，称视频预加重；第二次预加重对已调付载波进行，称高频预加重。在接收端的解码器中则设有去加重网络，使经过预加重的有关信号恢复。

由于 SECAM 制的调频色度信号可在解码器中通过鉴频器解调出来，无需由色同步

信号传送基准相位信息，所以 SECAM 制的色同步信号实际上只是一个行顺序识别信号，其功能是把编码器哪一行发红色差信号及哪一行发蓝色差信号的信息传送给接收端，以便解码器的电子开关工作状态发生错误时得到纠正，保证每一信号始终由一个指定的输出端输出。

从传输彩色图象的质量来看，SECAM 制受传输失真的影响小，但对垂直方向有快速运动的画面，影响仍在所难免。从接收机解码器的复杂性来看，则介于 NTSC 制与 PAL 制之间。

由于 SECAM 制不能采用付载频偏置来实现亮度信号与色度信号的频谱交错，其兼容性就不如 NTSC 制和 PAL 制。而且，在正常传输条件下，SECAM 制传送的图象质量略逊于其它两种制式，只在传输通道有严重影响的条件下，才显示出 SECAM 制不怕干扰的优点。

从实践的观点看，NTSC 制已使用三十多年，SECAM 制与 PAL 制也都使用了二十多年，它们都是行之有效的彩色电视广播制式，都积累了相当丰富的经验。单从技术性能方面比较，很难得出完全肯定或完全否定某一制式的结论。各国在选定制式时往往受到多方面因素的制约，决不是只从技术考虑。

不过，由于世界各国彩色电视广播采用了三种不同的制式，给节目的交流等等带来一定的不便。在交通方便、各国人民交往频繁的今日，特别是国际卫星转播日益发展，彩色电视广播存在制式不同的问题也就显得需要加以考虑了。

看来，随着数字技术和电子计算机的发展和进步，现在这种 NTSC、PAL 与 SECAM 制三足鼎立的局面，未必会长久保持下去吧。