



... 1
1

彩色电视和立体电视

苏联 П. В. 舒马可夫 著

朱 邦 俊 译

出版社

前 言

苏共第19次代表大会关于苏联发展国民经济的第五个五年计划(1951—1955年)中规定,在苏联将要大大地发展电视广播。

莫斯科、列宁格勒、基辅、哈尔科夫、里加等城市都已建立了电视中心台,并进行广播,托姆斯克的电视中心台也已建成。加里宁城的电视台也开始广播,从莫斯科至加里宁城有电缆电路,可以将莫斯科电视中心的节目传送到加里宁,进行转播。

明斯克、塔林、巴库、埃里温、塔什干、斯大林诺、斯大林诺高尔斯科、斯维尔德洛夫斯克、高尔基及其它城市正在建立电视中心。目前正在组织高尔基、斯大林诺高尔斯科、弗拉基米尔等城和首都莫斯科之间用以传递电视节目的电路。

用小功率电视转播机转播的试验现在还在进行,以便使那些在电视中心附近本来用一般电视接收机不能接收的区域能够接收。这种转播设备可使电视中心台的服务范围大大扩大。在苏联生产有许多种电视接收机,其中有荧光屏的对角线达40公分的电视接收机。

为了使电视中心台的服务区域扩大,还生产一种附加在一般电视机前面的专门放大设备。正在研究试制一种新型的具有方荧光幕的显像管,它可使电视接收机的体积大大缩小。有一个莫斯科的电影院——“爱尔米达日”(Эрмитаж)装设了3×4公尺的大电视荧幕,用以放映莫斯科电视中心台的节目,同时可

供 600 个观众观看。

在下一个五年计划中拟建立数十个大电视中心，建立许多电视转播站和转播设备，装设用来在各城市间交换电视节目的电缆和微波接力电路，生产新型的、具有大荧光屏的电视接收机以及具有投影显像管的电视接收机。此种投影显像管可以投射在各种大小的银幕上。

除了大大扩大电视广播网及大量生产电视接收机外，并进一步改善电视的播送质量。要大大提高电视接收机的灵敏度和抗干扰性，使电视机不必要在屋顶装设室外天线；要改善摄像管的各种参数以及从播送室到发射天线的整个发送支路的参数；吸取苏联电影的技术与经验，更好地组织放送。

为了在各城市间交换电视节目，除了建立专门的电缆电路和微波接力电路外，还将广泛采用电影片及其他材料来录制保存节目的方法。

电视技术除了用于电视广播外，还可广泛地用于其他国民经济部门中。特别在那些联动机械或某些技术工艺过程中要直接观看工作情况时，或者为了进行某些有害人身健康的或不易到达的科学研究工作中，都可采用电视技术。例如在医学中用来观察手术过程；在铁路运输中用来监视列车的运行及调度；在石油工业中用来研究钻井；在冶金工业、化学工业中用来观察化学过程以及观察在水底工作的情况等。

小型电视设备的制成大大地扩展了电视技术的应用范围。

现在在莫斯科正在试播彩色电视。早在 1925 年已进行过苏联 И. А. 阿达明所提出的顺序传送制的彩色电视试验。现在正在进行试验同时传送制的彩色电视和黑白制通用性的问题。

在实验室中还研究了立体电视。立体电视不但可增加节目的艺术性，并可在国民经济中带来许多好处，如可以获得用其

他通信設備所不能獲得的立體效果。蘇聯第一次立體電視是1950年5月15日在以M. A. 龐奇——勃魯也維契為名的列寧格勒電信工程學院實驗室中實驗成功的。由該學院實驗成功的立體電視已為工業中採用，並且在同樣行數和其他參數下顯示出三面勻稱的圖像比二面勻稱的優越得多。

隨著彩色電視技術的發展和便於廣泛採用的制式的研究成功，目前的工作是怎樣使立體電視和彩色電視統一，以便建立一個立體彩色電視制式。

在這本小冊子中介紹了彩色電視、立體電視和立體彩色電視中的一些技術問題。

蘇聯郵電部技術管理處

目 录

前言

彩色电视	1
颜色和视觉	1
彩色电视的制式	6
顺次传送彩色画面的电视制	16
彩色画面同时传送制	19
三色接收管	28
立体电视	31
立体彩色电视	46

彩色电视

顏色和視覺

人的視覺是光波射到眼睛的網膜上而引起的。人的眼睛所能感受的光波的波長是在 0.4 到 0.7 微米的範圍內，而且不同波長的光波能引起不同顏色的感覺。譬如，波長為 0.4 微米的光波能引起紫色的感覺；0.5 微米的光波能引起蔚藍色的感覺；0.6 微米——橙色的感覺；0.7 微米——紅色的感覺。

所有的顏色除了具有決定於基本的波長 λ （或振蕩頻率 ν ）的顏色的特徵以外，還都有亮度 B 和顏色的純度 p 等因素。顏色的純度指的是某種顏色在若干種顏色的混合物中的百分比。對純粹的光譜色來說，顏色的純度即為 100%，白色的純度為 0%。

在我們周圍的所有物體，基本上可按光能源來分，即分成發光體，和非發光體，但在或多或少的程度上都能反射射在它上面的光綫。在絕大多數的情況下，視覺是在被周圍物體所反射的光綫的作用下引起的，而且物體的色彩既決定於照射物體的光綫的光譜成分，也決定於物體選擇地吸收和反射某種光波的特性。譬如，植物葉子的綠色可解釋為光波的綠色部分的光譜強烈地為葉子上反射回來，而所有其它各部分的光譜大部被吸收了。藍玻璃呈現藍色是因為它主要只讓藍色光綫通過，而把所有其它顏色的光綫都吸收了。

眼睛的網膜由兩種光敏元件組成——水晶体毛狀體和桿狀體。白天觀看用的水晶体毛狀體結構對照亮度小的靈敏度，比

夜間和傍晚觀看用的杆狀體結構要低得多，但是卻見有感受顏色的能力。

按照彩色視覺的三色分量的理論（這個理論是蘇聯偉大的前輩萊蒙諾索夫在他的著作“米哈依爾·萊蒙諾索夫於1756年7月1日在帝國科學院群眾大會上講演談光綫的產生和顏色的新理論”中發表的），水晶體毛狀體是由三個獨立組組成的。其中一組受激勵時產生藍光的感覺；另一組受激勵時引起綠色的感覺；第三組受激勵則引起紅色的感覺。所有三組同時受刺激（同等程度），則引起人們白色的感覺。

事實上，激勵光是同時作用在所有三組的神經系統上的。這時，不同波長的光波以不同的程度激勵三組。因此，彩色感覺的特性和所有的特點與這三種激勵的關係有關。在所有多種多样的光譜中，所謂基本顏色的紅色、綠色和藍色這三種顏色最為顯著。這三種顏色是相互獨立的，不能用某幾種其他的顏色的混合來獲得。任何一種其他的顏色倒可以用一定數量的三種基本顏色的混合而獲得。任何顏色的量和質，可以用下列方程式求出：

$$\Phi = aK + bB + cC, \quad (1)$$

式中 a 、 b 和 c 分別為紅色 K 、綠色 B 和藍色 C 的量。分量 aK 、 bB 和 cC 稱為光通量中的彩色分量。

電視中彩色圖像的獲得，就象五彩印刷，是以符合彩色視覺的三色分量理論的三種基本顏色的迭加為基礎的。

從方程式 (1) 中可以看出：為了用電視來傳送某種彩色物體的圖像，物體的顏色可以分解成三種基本顏色的分量，這些分量的信號分別沿三條通信綫路傳送出去，而在接收端，被傳送的彩色物體的圖像用根據所收到的信號重現出來的三種彩色分量迭加（混合）的方法來取得。

在电视中应用颜色的光学混合，也就是作用在我们眼睛的网膜上的不同波长的光线的直接混合。这时，有三种不同的混合：局部混合、空间混合和双目混合。

两种或数种颜色同时或依次一个迭加在另一个上面，结果得到一个新的颜色，称为局部混合。

两种或数种颜色用许多色彩间隔的小点或线条复盖在一面上的方法来混合，称为空间混合。在从相当远的距离处进行观察时，这种表面在观看者看来将是一种新的颜色，它是几种原始颜色的混合。

两种或数种颜色分别作用在左眼上和右眼上，结果在我们的意识中产生了新的颜色的感觉，称为双目混合。

在电视中，颜色的混合遵循彩色学——比色法所建立的三个基本定律：

定律 I 对所有的颜色来说，总是有另一种其它的颜色，和它相混能形成消色，特别是白色。这样两种颜色称为互补色。

定律 II 当按光谱标度来说比互补色更相近的两个不同的颜色相混时，能形成一个新的颜色，它的色彩处于相混的两颜色之间。

定律 III 当两个同样的颜色相混时，便形成同一颜色，与相混的两个分量的物理成分（因为同一颜色可由不同成分的幅射产生）的差别无关。

换句话说，混色只跟相混分量的颜色有关。

为了解决颜色相混的问题和求出光通量质的性质，也就是求出它在比色法中的色度，常常应用国际公认（1931年 MKO 曲线）的所谓颜色曲线 XYZ(图 1)。作这条曲线的方法，可以在专门的书籍中，例如在本书参考文献 2 中找到。

顏色曲綫是一个等腰三角形，作在 x 和 y 的直角坐标 (z 軸在坐标的原点) 內。所有可見光譜的顏色 (相当于波长为 $\lambda = 0.40$ 微米的藍色到波长为 $\lambda = 0.70$ 微米的紅色的单色幅射) 的規跡的曲綫画在 x, y 坐标內。連接曲綫两端点的直綫指出了用藍色和紅色相混所获得的純絳紅色的分布。所有的可見的顏色都处在所获得的曲綫图形內，并由正的坐标 x 和 y 决定。 z 坐标决定于下列条件：

$$x + y + z = 1. \quad (1a)$$

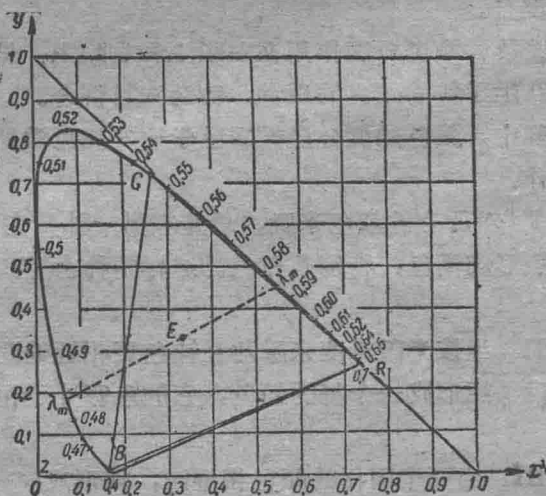


图1 顏色的曲綫XYZ

同样强度的白色幅射 E 点 (即能量按光譜作均匀分布)，处在三角形的重心上 (处在三角形中綫的交点上)。它的坐标 $x = \frac{1}{3}$ 和 $y = \frac{1}{3}$ 。

如果从 E 点画一根直綫，它跟光譜曲綫在某点 λ_m 上相交，那末这条直綫将是 λ_m 色从 0 到 100% 的不同純度 (简单些說，是不同的饱和度——不同于处在閉合的顏色曲綫中的純粹光譜

顏色，當它逐漸接近 E 點時，由於被白色沖淡，便隨着減弱)。從 E 點朝另一個方向延長這條直綫，我們將找到 λ'_m 色，它是 λ_m 色的互補色。任何兩色的混合顏色將處在連接兩相混顏色的連綫上。任何三種顏色的混合顏色將處在三角形內，三個相混的顏色則分別處在三角形的三個頂點上。

因此，如果彩色電視以兩色系統為基礎，那末這種制式將能傳送和重現處在連接這兩個作為基色的直綫上的所有顏色。譬如，倘使我們取藍-綠部分的光譜中的波長為 $\lambda=0.485$ 微米和橙黃色部分光譜中的 $\lambda=0.585$ 微米的兩個互補色，那末我們便能傳送和重現只是從藍-綠到白和從白到橙黃的所有顏色。在這個系統中，將沒有藍色、綠色、黃色、紅色和絳紅色。

在三色電視制的情況下，可以重現在三角形內的所有顏色——從絳紅色和紅色到綠色和藍色。這時必須指出：當三種基本的顏色相混時，雖然能獲得所有光譜的色彩，但是遠不是其中幾個的完全飽和度。例如，倘使三色電視制中的三個基本顏色取為 $\lambda=0.7000$ 微米的紅色、 $\lambda=0.5461$ 微米的綠色和 $\lambda=0.4358$ 微米的藍色（圖 1 上的三角形 RGB），那末在這個情況下，重現藍-綠色彩的最大飽和度只約為 40%。無論我們取哪幾種顏色作為基本的顏色，也就是無論我們怎樣在閉合的光譜顏色的曲綫中畫三角形，我們只能犧牲其它部分的光譜的飽和度來增強某部分光譜的飽和度。

混色的亮度 (B_{ρ}) 等於相混各顏色的亮度的總和，即

$$B_{\rho} = B_R + B_G + B_B. \quad (2)$$

根據大量實驗材料知道：考慮到人的眼睛的生理特點，為了在具有上述三種基本顏色的參數（波長）的三色系統中獲得白色，三種基本顏色的亮度必須按照下列比例：

$$B_R : B_G : B_B = 1 : 4.5907 : 0.0601. \quad (3)$$

假使选取其它的顏色作为基本顏色，那末亮度比例将是其它的比例。在电视中就应用这个規律。

彩色电视的制式

任何一种彩色电视制式，都是以把被传送的多色图象分解成相应于三个基本顏色——紅、綠和藍的三个单色分量图象的原理为基础的。然后和黑白电视的传送相似，把每一个单色图象变成电的信号，并用某种方法把这些信号送至接收设备。在接收设备中，进行所收得的三个单色图象的电信号的反变换。将这些单色图象叠合起来后，便得到被传送的图象的多色重现。

最近十年来，致力于研究两种制式的彩色电视——順次传送彩色画面制和同时传送彩色画面制。

图 2 上示出順次发送彩色画面的彩色电视制的方框图。这种制式的基础是 И. А. 阿达勉于 1925 年所提出的顏色的机械混合法。在多色物体 A_1 的图象投射在发送管光电阴极的途径上，放置一个依次由紅、綠和蓝色滤色器組成的轉盘。这个盘能进行顏色的分离。在通过光电阴极前面的每一个滤波器的时候，便发送出一个多色物体 A_1 的图象的单色画面。在发送管的输出端上，便依次获得相应于被传送物体的顏色中紅色、綠色和蓝色的視頻信号。完整的彩色图象由六个画面組成——紅色的画面两个（在間隔扫描的情况下是奇数行画面和偶数行画面），綠色的画面两个和蓝色的画面两个。这样一来，这种制式中的画面頻率比黑白电视中的大二倍。因此，这种制式的視頻信号所必須的全部頻带，比黑白电视大二倍（当其它的条件相等时）。

所謂顏色混合器的三路放大器是用来分別調节各个顏色图

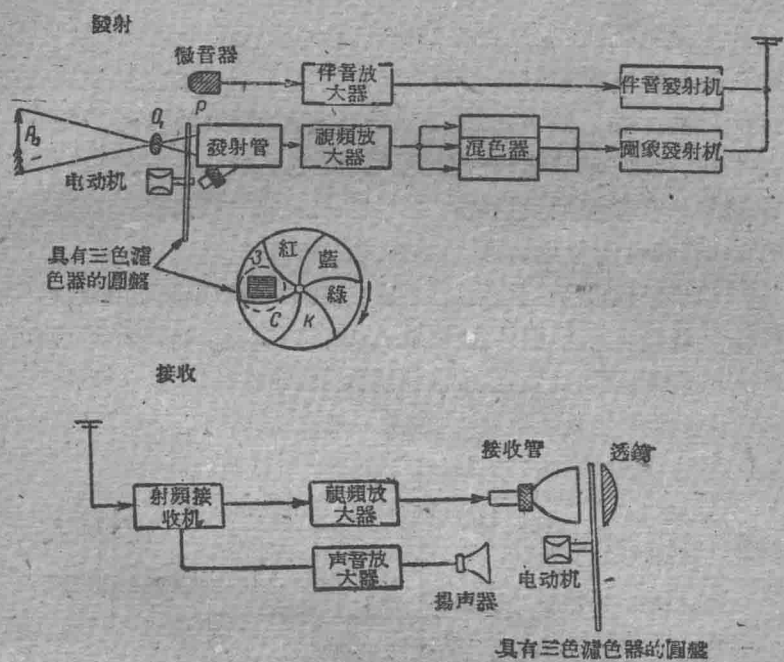


图2 順次发送和接收制的彩色电视

象的信号强度的。三个放大器中的每一个放大器，只在传送相应颜色的画面的时候接入。以后，视频信号便依次进入发送机的调制器。

在接收机中，在接收管荧光屏的前面，也放一个带有三个滤色器的圆盘，它跟发送圆盘作同步且同相的旋转。因此，当传送图象的画面时，譬如红色画面，观看者是通过红色滤色器而看到图象。当传送绿色图象时，是通过绿色滤波器而看见的等等。由于彩色画面更换的频率很高(每秒150次)，通过转动滤色器观看图象的观看者所看到的图象将是接近被传送的物体的颜色的多色图象，而不是原先的单独颜色。

图3 上示出彩色电视同时传送和接收制的方框图。多色物

体的图象用物鏡 O_1 投射在两个干涉式选色鏡 M 和 H 上。这种选色鏡具有反射某种顏色的光通量并讓另一种顏色的光通量通过的特性。选色鏡 M 和 H 的用途是将来自 A_1 的光通量分开成基本顏色的彩色分量——紅色 K 、綠色 β 和蓝色 C 。每一个这种图象加在相应的发送管（光学图象变成电信号就是在这里进行的）的光电阴极上。

为了同时传送三个信号，常应用熟知的頻率复用原理，在 K 和 C 視頻电路中引入副載頻 f_K 和 f_C 。其后，各路頻譜混和而获得的群譜，加在发送机的調制器上。

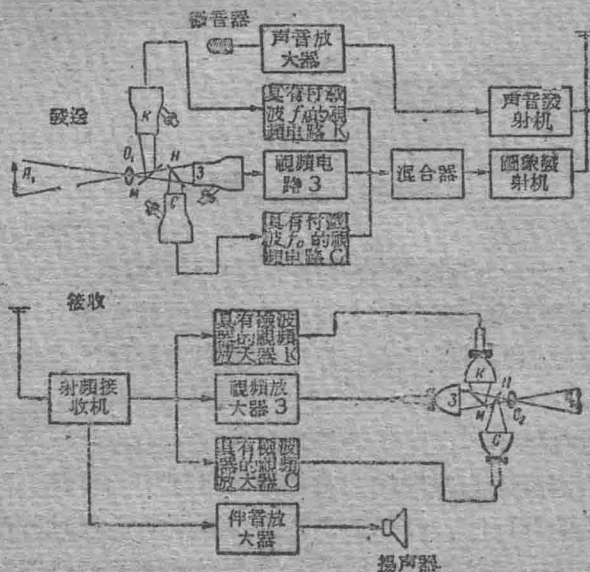


图3 彩色电视同时发送和接收制的方框图

收到的信号在接收机中进行反調制，并分解成三个頻路 K 、 β 和 C 。 K 、 β 和 C 的視頻信号加在三个接收显象管上，在它們的螢光屏上則分別重現出三个基本顏色 K 、 β 和 C 的图象，靠

了干扰式选色鏡 M 和 H 以及物鏡 O_2 的机构，这三个图象便混和成一个多色的图象 A_2 。

当图象的各个参数相等时，这两种系統的工作都要求在空中的頻带是黑白电视的三倍。在同时发送和接收的制式中，每一个视频电路都保持标准的頻带，但是在混合器以后便增加为三倍。在順次发射和接收的制式中，从视频电路起，頻带就应该是普通的三倍，因为在传送黑白象帧的一段时间，每一帧图象应该传送三次（三种顏色），以在某一个場合下保持同样的图象閃耀条件。根据苏联黑白电视所采用的标准，视频信号所占据的頻带是从 0 到 6 兆赫，因此，彩色电视的广播就需要从 0 到 18 兆赫的视频頻带。这样寬的頻带将引起机件制造上的极大困难，以及通信綫路使用不經濟。这些情况推动我們一方面寻求压缩頻带的方法，另一方面去深入研究顏色视觉的特性和适合于比色法定律。

目前有两种压缩頻率的方法：一种是采用形成点光栅的特殊扫描；另一种是控制以有限頻带通过电路的视频信号。应用某几个和顏色视觉的生理特点有关的統計性观察时，在这方面能获得最大的效果。

无数的实验首先就告訴我們：在单色光的情况下，视觉的銳敏度大于混合光。这是由于眼睛的色象差。然而对不同的单色光來說，视觉的銳敏度并不是一样的：綠光和黃光的銳敏度大于藍光和紅光。从此可以得出結論：如果彩色物体的細微部分塗成綠色，它在一定的照度下处在电视系統的鑑別能力的范围内，那末便不能感受这个物体的藍色和紅色的細微部分。因此，相应于藍色和紅色的細微部分的高頻就沒有必要沿藍色和紅色电路传送。重現一定黑白行数的电视系統能传送多大尺寸的藍色和紅色的細微部分呢？这个问题的答案可用比較不同顏

色的配合的視覺銳敏度來獲得。為了這個目的，曾經進行過尋求視覺相對銳敏度的許多實驗。這些實驗的結果列在表1中。

由此可以得出彩色電視技術的重要結論，可以確信：眼睛對不同顏色的配合的鑒別能力是不同的，而且任何顏色的配合的鑒別能力都比黑白配色低，也就是說各個細微部分只是在亮度方面有差別，而在顏色方面沒有差別。因此，如果某種電視

表1

配 色	視覺銳敏度 (%)
黑 白	100
黑 綠	94
黑 紅	90
黑 藍	28
綠 紅	40
紅 藍	23
綠 藍	19

系統能使我們離接收管螢光屏一定距離處在白色的衬底上辨別出黑色的細微部分來，譬如說大小為1毫米的細微部分來，那末在同樣的條件下，在紅色衬底上的綠色細微部分的大小為2.5毫米時才開始能加以辨別；在藍色衬底上的綠色細微部分的大小為5毫米時才開始能加以辨別。倘使我們將傳送大小小於1毫米的上述配色

(這和發送管有關)，那末對眼睛來說，仍然將是灰色的(沒有顏色)。因此，由於電視電路的高頻決定於被傳送圖象的細微部分的大小，因此在同時發送和接收的系統中，每一個電路可以給它一個頻帶限額。

上述結論的工程應用，能使我們建立一個同時發送和接收的彩色電視制式，它所佔據的頻帶等於黑白電視所佔據的頻帶。為此，常採用所謂高頻混合法，這時只有大的細微部分以三色傳送，而小的細微部分則以黑白的色調來傳送。高頻從三個電路中被選出，並混成一個電路。

應該指出：高頻的混合法在順次發送和接收制式中是不能應用的，因為它用同一個電路來順次傳送三種基本顏色。

為了找出傳送彩色圖象所必須的頻帶，統計性地觀察主題

彩色图象具有更大的意义。图4上的曲线表示在不同的频带宽度的条件下，不同的人观察彩色图象的量的平均结果。横坐标是三个颜色电路中每一个电路的频率的对数标度，纵坐标是当每一个颜色电路工作在完全的标准频带(美国是4兆赫)时，不能看出和标准彩色图象间的差别的人的百分数。

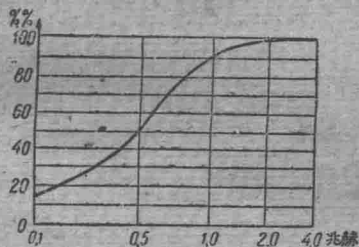


图4 观察彩色图象的质的统计曲线

在压缩彩色信号的频带的实验中，不足于标准频带的频带往往以高频相混的形式合成三个电路中的一个。结果，细微部分便以黑白的色调重现出来。从曲线上可以看出：当频带宽度为1兆赫时，90%的观看者已经不能在质的方面区别目前的图象和标准图象了。

在这方面的进一步探索，曾由实验证实：任何颜色的细微部分可以只用两种颜色相混(淡棕红和绿蓝相混)而获得，不必象大的细微部分那样用三个基本颜色。因此，考虑到颜色视觉的这些特性，如果特别小的细微部分无色地(黑白地)传送，小的细微部分用两色传送，大的细微部分用三色来传送，那末彩色图象便能正确地加以重现。考虑到这些可能性，我们便得出下列的结论：彩色电视的制式可用占据限制了频带(譬如，黑白电视的标准频带)的电路来建立，而原来看来是不可能的频带的机械扩充是没有科学根据的。彩色电视的多路制(同时发送和接收系统)，能实现上述的结论。

我们在比色学方面的知识水平，上述的感受电视彩色图象的统计，以及国内外彩色电视技术所累积的经验，使我们能提出彩色电视广播系统应该满足的几个基本要求：

1. 高质量的彩色图象；

2. 电视接收机的价格尽可能低；
3. 与黑白电视系统的通用性；
4. 使用通信电路的效率。

讓我們来研究一下上述简短的要求。在这个情况下，如果正确地传送颜色分量和细微部分的亮度，那末高质量的彩色图象就有保证。为此，不是接收机的光电变换器的光谱特性必须和发送机的光电变换器完全符合，就是传输电路中的信号考虑到这些特性的必要变换，以及考虑到眼睛光谱的灵敏度时亮度信号的正确变换。

发送机滤色器光谱特性和顺次发送制中的发送管的光电阴极的光谱特性的总合的数学计算，当从接收管发光质幅射的给定光谱特性和它的滤色器的给定光谱特性时，能做出发送机的特性曲线的形状，它在可见光谱的一定段上具有负值。发射管的光电阴极不能重现特性曲线负的一段。因此，在顺次制中可以估计发送摄像管的特性曲线应该是什么样的，但是不能实现，不得不应用近似的特性曲线。这就导致失真的彩色传输。图象细微部分的亮度是各个颜色分量的亮度的总和，同样也不会符合原来的亮度。

在同时制式，情况就迥然不同，因为这种制式采用颜色分量信号的矩阵变换。从摄像管和电视接收机的实际光谱特性曲线出发，应用比色法，可以求出这些变换器的原始颜色。

在颜色曲线 XYZ 上绘出三个原始颜色的三角形，就可以知道这种制式重现颜色的可能性。为了找出正确传输颜色的数学条件，必须应用矢量代数的坐标系统的变换法，找出接收机颜色三角形坐标和发送机彩色三角形坐标间的关系。把摄像管的坐标系统和接收机国际比色系统 XYZ 联系起来后，这种变换进行起来很方便。