

彩色电视接收机 电路分析和维修实例

朱水修 编著
广东科技出版社



彩色电视接收机 电路分析和维修实例

朱水修 编著

广东科技出版社

内 容 简 介

本书在叙述彩色电视基本原理和彩色显象管结构及工作原理的基础上,对典型的晶体管彩色电视机和常用的集成电路彩色电视机的整机和各部分电路进行了详细的分析,介绍了彩色电视机的调试技术;结合常用的典型彩色电视机机型的实际电路对200多例的常见故障现象、原因、检修方法,结合实测数据和必要的检修程序图,进行了详细的阐述;最后还介绍了多种常用的检测仪表之使用方法。

本书内容丰富、概念明确、深入浅出、实用性强,适合无线电工程技术人员、维修人员和无线电爱好者阅读,也可作为大中专学校和彩色电视机技术培训班的教学参考书。

Caise Dianshi Jieshou Ji Dianlu

Fenxi he Weixiu shili

彩色电视接收机电路分析和维修实例

朱水修 编著

广东科技出版社出版发行

广东省新华书店经销

广东新华印刷厂印刷

787×1092毫米 16开本 44.5印张 19插页 1,040,000字

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数 1—14,200册

ISBN 7-5359-0494-7

TN·19 定价: 20.00元

前 言

我国彩色电视广播技术在迅速发展,彩色电视接收机已在群众中日益普及。包括生产、使用和维修人员,都迫切希望了解和掌握彩色电视接收机的电路原理、调试和故障检修方法。本书的编写,可供无线电技术人员、电视机生产、经营和维修人员、大中专学校学生及无线电爱好者学习、参考。

本书叙述了彩色电视的基本原理,分析了彩色电视机的各部分电路原理,详细介绍了彩色电视机的调试和故障检修技术。全书共分十一章。首先叙述了必要的彩色电视机的基本知识,并以典型的分立元件组装的晶体管彩色电视机为例,对各部分电路进行详细分析,介绍了常用的调试技术。然后对TA系列、HA系列和AN系列集成电路(IC)组装而成,由4~5块中规模集成电路构成的三种型号典型彩色电视机各部分电路进行了分析,以帮助读者掌握集成电路彩色电视机电路原理。最后叙述了近几年才发展起来的两块大规模集成电路(TA系列和TDA系列)组装的彩色电视机电路原理。在此基础上,结合典型晶体管彩色电视机和集成电路彩色电视机的实际电路,对200多例的常见故障现象、原因和检修方法进行了详细的叙述,并采用故障检修流程图对各种故障现象进行了详细的分析,方便读者更好地掌握彩色电视机的故障检修技术。此外,还简要地介绍了调测、检修彩色电视机时所必需的常用仪表知识和使用方法。

在编写本书过程中,参考了国内外有关资料,力图做到内容充实、概念明确、深入浅出、避免繁琐的数学推导过程,以便读者弄清彩色电视机电路的元器件作用、工作物理过程和信号流程,了解有关电压、电流数值和波形,更好地掌握彩色电视机的电路原理和故障维修知识。

本书初稿写成后,经中山大学的黄卓勋老师和上海电视机一厂的高级工程师卢树人等审阅了有关章节,然后加以修改后定稿。参与本书编写、资料提供和给予大力帮助的人员有:钟锦洪、刘艳芬、杨国彭、陈建操、伍中英、朱佛能、刘爱玲、沈文义、苏理广、宗悦玻、饶纪恩、王经武、成武、张震芳、钟跃进、张晓、陆国坤、傅淑玲、朱广怀、刘国训、孙中臣、曹桂荣、王乃青、赵素梅、邓宗瑶、何镇江等。在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在不足和错误之处,恳切希望广大读者批评指正。

作 者

一九八九年十二月

目 录

第一章 彩色电视基本原理.....	1
§ 1-1 彩色电视的有关色度学知识.....	2
一、光和色的特性.....	2
二、三基色原理和混色效应.....	5
三、色度图.....	8
四、彩色电视传输中的色度学知识.....	11
§ 1-2 三种彩色电视制式的特点.....	16
一、NTSC制彩电制式的特点.....	16
二、PAL制彩电制式的特点.....	17
三、SECAM制彩电制式的特点.....	19
§ 1-3 彩色显象管.....	20
一、彩色显象管的类型和要求.....	20
二、自会聚彩色显象管.....	21
三、自会聚彩色显象管的参数.....	28
第二章 整机结构与通道、扫描和电源电路.....	30
§ 2-1 彩色电视机的结构、特点和工作.....	30
一、电路组成和各部分作用.....	32
二、电路特点和工作概况.....	32
§ 2-2 通道部分电路分析.....	34
一、高频调谐器.....	34
二、中频放大、视频检波和伴音通道电路.....	38
三、视频亮度放大电路.....	45
§ 2-3 同步分离和行场扫描电路.....	45
一、同步分离电路.....	45
二、场扫描电路.....	47
三、行扫描电路.....	52
§ 2-4 稳压电源电路.....	64
一、晶体管串联调整型稳压电源电路.....	64
二、开关调整式稳压电源电路.....	70

第三章 色信号放大与解调电路	83
§ 3-1 色信号放大器及其附属电路	84
一、两级式色信号放大器及其附属电路	84
二、三级式色信号放大器及其附属电路	86
§ 3-2 延时解调器	91
一、超声波延时线	91
二、延时解调器的分离作用	92
三、延时解调器的实际电路分析	94
§ 3-3 同步检波器	97
一、二极管同步检波器电路	98
二、实际同步检波电路分析	102
§ 3-4 色放大与解调器实际电路分析	102
第四章 色同步电路	105
§ 4-1 色同步电路的作用、组成和要求	105
§ 4-2 色同步选通放大器	106
§ 4-3 鉴相器及有关电路	110
一、鉴相器工作原理	111
二、低通滤波与直流放大器	115
三、实际鉴相及其有关电路分析	116
§ 4-4 本机副载波振荡器	120
一、典型副载波振荡电路	120
二、其他类型的副载波振荡电路	122
§ 4-5 双稳态和PAL电子开关电路	125
一、典型电路分析	125
二、实用的双稳态和电子开关电路	126
§ 4-6 色同步整体电路分析	129
第五章 亮度通道与解码矩阵电路	132
§ 5-1 电路功能、组成和要求	132
一、电路功能和组成	132
二、电路性能要求	134
§ 5-2 亮度通道和解码矩阵电路分析	134
一、与黑白电视机视放电路的相同部分	134
二、副载波陷波器和自动清晰度控制 (ARC) 电路	135
三、亮度信号延时电路	136
四、消隐混合电路	137
五、自动亮度限制 (ABL) 电路	138

六、轮廓校正电路	140
七、直流钳位电路	142
八、对比度自动调整电路	144
§ 5-3 解码矩阵电路	146
一、色差信号 U_{G-Y} 的合成	146
二、解码矩阵电路	148
三、色差信号钳位电路	150
§ 5-4 实际电路分析	151
一、典型彩色电视机的亮度通道和矩阵电路	151
二、完整的亮度通道和解码矩阵电路分析	156

第六章 集成电路(IC)彩色电视机

§ 6-1 集成电路(IC)彩色电视机概述	159
§ 6-2 高频调谐器电路分析	168
一、乐华ROWA-819KD/219KD型彩色电视机的高频调谐器	168
二、金星C37-401型彩色电视机的高频调谐器	174
三、进口东芝C-2021Z型彩色电视机的高频调谐器	180
§ 6-3 集成电路彩色电视机的图象中频通道电路分析	183
一、含有TA7611AP(或TA7607AP)集成块的图象中频通道电路	183
二、含有集成块HA11215A的图象中频通道电路	187
三、含有集成电路AN5132的图象中频通道电路	191
§ 6-4 集成电路的伴音通道电路分析	194
一、含有集成块TA7176AP的伴音通道电路	195
二、含有集成块HA1124A的伴音通道电路	198
三、含有集成块AN5250的伴音通道电路	200
§ 6-5 集成电路的同步扫描电路分析	202
一、含有集成块TA7609P的同步扫描电路	208
二、含有集成块HA11235的同步扫描电路	207
三、含有集成块AN5435的同步扫描电路	211
§ 6-6 集成电路的彩色解码器电路分析	218
一、含有集成块TA7193P(或D7193P)的彩色解码器电路	219
二、含有两块集成块AN5622和AN5612的彩色解码器电路	229
§ 6-7 集成电路彩色电视机的电源电路分析	242
一、金星C37-401型彩色电视机的开关式稳压电源电路	243
二、乐华ROWA-TC819KD/219KD型彩色电视机的电源电路	246
三、乐华ROWA-RC352/471型彩色电视机的电源电路	249
四、北京839型彩色电视机的电源电路	253
五、具有稳压集成块的开关式稳压电源电路	257
§ 6-8 两块IC的新型彩色电视机电路分析	260

一、两块IC的新型彩色电视机组成框图	260
二、TA系列两块IC的彩色电视机电路分析	264
三、TDA系列两块IC彩色电视机电路分析	282
第七章 彩色电视机的调试	309
§ 7-1 彩色电视机的解码器调试	309
一、色放大与解调电路的调试	309
二、色同步电路的调试	319
三、亮度通道和解码矩阵电路的调试	325
四、解码器整体电路调试	331
§ 7-2 彩色电视机的色电路调整	335
一、色纯度的调整	335
二、白平衡的调整	336
三、会聚的调整	338
§ 7-3 彩色电视机的维修性调整	353
一、色度通道的调整	353
二、色同步选通和鉴相器的调整	354
三、同步检波器的调整	354
四、副载波振荡器的调整	355
五、U、V放大器的调整	355
六、延时线激励级的调整	356
七、超声波延时线的调整	356
八、相位关系的校正	357
九、7.8kHz正弦波放大电路的调整	357
十、白平衡调整	358
十一、末级视放和解码矩阵电路的调整	359
§ 7-4 集成电路彩色电视机的调整	359
一、主电路板的调试	360
二、视频、色度电路的调整	363
三、整机总调	365
§ 7-5 彩色电视测试卡的调整	370
一、进行幅度和中心的测量	370
二、线性的调节	370
三、会聚的调整	370
四、色纯度的调整	370
五、肤色的调整	370
六、清晰度的调整	371
七、灰度等级的调整	371
八、彩条的调整	371

九、视频特性的检查	371
§ 7-6 彩色电视机旋钮的调整	371
一、频道选择旋钮	372
二、色饱和度旋钮	372
三、色调旋钮	372
四、白平衡旋钮	372
第八章 彩色电视机的故障检修技术	378
§ 8-1 故障类型、含义和检修前准备工作	378
一、彩色电视机的故障类型	378
二、彩色电视机的各种故障含义	378
三、检修故障前的准备工作	376
§ 8-2 彩色电视机的故障检修方法	379
一、观察故障现象	379
二、分析、判断故障部位	383
三、检测故障的方法	385
四、元器件的故障检测	403
第九章 晶体管彩色电视机的故障检修	409
§ 9-1 图象伴音通道部分的故障检修	409
一、有光栅无图象无伴音	409
二、有图象无伴音	410
三、有图象、伴音很轻且有失真	413
四、伴音图象失调	415
五、电视伴音的杂音大	415
六、音量开大伴音失真	417
七、整机灵敏度低	418
八、伴音干扰图象和彩色	418
九、强信号时图象变黑彩色变浓，弱信号时正常	420
十、伴音正常而无图象	421
十一、无彩色或彩色画面模糊	421
十二、图象噪波严重	422
十三、网纹干扰	423
十四、画面上侧扭曲，同步破坏	424
十五、跳台或收不到某频道节目	424
十六、画面呈现白道图案，伴有跳台和“咔嚓”声	426
§ 9-2 电源和扫描部分的故障检修	426
一、无光栅无伴音	426
二、无光栅有伴音	427

三、光栅亮度异常	429
四、光栅失真	430
五、只有一条水平亮线	432
六、只有一条水平亮带	436
七、垂直线性变坏	436
八、只有一条垂直亮线	437
九、只有一条垂直亮带	438
十、水平线性变坏	439
十一、彩色亮点	439
十二、行场都不同步	440
十三、垂直同步不良	443
十四、水平同步不良	444
十五、行振荡异常	446
十六、行幅过大或过小	447
十七、场幅过大或过小	447
十八、场同步变窄并出现帧抖动	448
十九、左右侧图象折边	449
二十、行同步范围变窄且不稳定	449
二十一、画面呈现回扫线或边沿退色区域	451
二十二、屏幕出现两个以上相同的图象	452
二十三、聚焦不良	453
二十四、屏幕左侧条状干扰	453
二十五、打火及交流干扰	454
二十六、X射线辐射过大	454
§ 9-3 解码器部分故障检修	455
一、屏幕无彩色	456
二、彩色滚动	462
三、彩色变淡	463
四、彩色淡而雪花大	466
五、彩色过浓且带彩色雪花	467
六、彩色爬行干扰	468
七、图象有色斑	469
八、色饱和度失控	471
九、彩色失真	472
十、彩色模糊, 颜色欠佳	475
十一、彩色信号接收时显不出特定的彩色	475
十二、黑白图象呈现某特定彩色	477
十三、黑白图象变成青色	478
十四、黑白图象变成紫色	480

十五、黑白图象变成黄色	480
十六、标准彩条变色	481
十七、彩条颜色位置互易	483
十八、红绿颠倒的彩色画面和不稳定彩色	484
十九、彩色图象变暗无红色、伴有百叶窗式干扰	487
二十、ACC失控	487
二十一、彩色图象“撕裂”	488
二十二、红色部分失真	489
二十三、绿或红、蓝两个半圆图案	489
二十四、百叶窗式干扰兼色调失真和饱和度下降	491
二十五、基准副载波振荡器故障	493
二十六、彩色斑点干扰的黑白画面	495
二十七、彩图图象偏黄或偏青	496
二十八、画面的黄、蓝颜色正常而其他颜色异常	497
二十九、彩色拖尾	497
三十、色副载波 (4.43 MHz) 网纹干扰	498
三十一、2.07MHz 差频干扰	499
三十二、彩色雪花干扰	501
三十三、彩色画面边沿串色	501
三十四、彩条颜色正确, 饱和度改变	502
三十五、彩色画面的一种或多种颜色不正确, 并且饱和度跟随着变化	502
三十六、黑白画面模糊、彩条显示相互交叠	503
三十七、彩条颜色正确, 测试卡有带色镶边	503
三十八、彩色画面中的红色调失真	504
三十九、亮度信号丢失引起彩条色彩暗淡	505
四十、彩色镶边	507
四十一、重影	508
四十二、屏幕过亮无图象, 改变亮度对比度旋钮亮度不变	508
四十三、亮度串色	509
四十四、黑白颠倒的负象	509
四十五、黑白图象清晰度差、彩色图象存在副载波点状网纹干扰	510
四十六、画面背景亮度和色调改变	511
四十七、画面彩色随亮度改变而变化	513
四十八、屏幕过亮且明显偏色	515
§ 9-4 色纯度、会聚部分的故障	516
一、彩色画面的色纯度变坏	518
二、静态会聚不良	519
三、屏幕四周有色斑	521
四、屏幕中央画面边沿存在红、绿、蓝色镶边	522

五、画面左侧或右侧出现蓝、黄色镶边	522
六、动会聚不良	522
七、动会聚时好时坏	524
八、画面上下侧动会聚不良	524
九、画面左右侧动会聚不良	526
十、自会聚彩色管的动会聚失聚	529

第十章 集成电路 (IC) 彩色电视机的故障检修530

§ 10-1 四块IC彩色电视机的故障分析530

一、无光栅无伴音	531
二、光栅幅度不足	534
三、光栅幅度过大	536
四、有声音无光栅	536
五、有光栅无图象	538
六、场扫描异常	541
七、行扫描异常	551
八、行场都不同步	554
九、有光栅有图象无伴音	556
十、底色异常	559
十一、无彩色	561
十二、彩色不同步	564
十三、百叶窗效应	566
十四、彩色变淡	566
十五、色调异常	567
十六、色饱和度异常	569
十七、识别错误引起彩色变化	569
十八、缺基色	570
十九、彩色画面变暗	572
二十、套色不准	574
二十一、灵敏度差	574
二十二、关机亮点	575
二十三、在黑白画面上有模糊彩色	576
二十四、画面亮度异常	576
二十五、彩条颜色异常	577

§ 10-2 五块IC彩色电视机的故障分析578

一、无光栅、无伴音	579
二、图象正常、无伴音	582
三、行场扫描均不同步	583
四、场扫描不正常	584

五、无彩色	584
六、场不同步	585
七、屏幕上呈现白色回扫线	586
八、画面上部伸长下部压缩,且底端无光栅	587
九、屏幕下部呈现一条水平亮带	587
十、场幅变小且场不同步	588
十一、行不同步	588
十二、行幅变窄	589
十三、正常收看不久无光无音	589
十四、无光栅而有“沙沙声”	591
十五、光栅正常而无图无音	591
十六、伴音沉闷且失真	593
十七、音量失控或异常	593
十八、无光栅而伴音正常	593
十九、伴音正常无图象	593
二十、图象清晰度变差,亮度对比度控制不良	594
二十一、亮度失控兼有回扫线	595
二十二、光栅亮度失控	595
二十三、图象模糊不清	596
二十四、屏幕呈现紫色光栅	596
二十五、屏幕呈现黄色光栅	596
二十六、屏幕呈现青色光栅	598
二十七、低亮度下图象色调偏青或偏红	598
二十八、低亮度下图象色调偏黄或偏蓝	599
二十九、低亮度下图象色调偏紫或偏绿	599
§ 10-3 六块IC彩色电视机的常见故障检测	600
一、无光栅、无伴音	600
二、无光栅而伴音良好	601
三、有光栅无图象	601
四、图象弱	602
五、无彩色	603
六、白平衡不良(即灰度不良)	603
七、无伴音	604
八、不同步	604
九、无场扫	605
十、行幅不足	606
§ 10-4 金星牌C37-401型IC电路彩色电视机的常见故障检测	606
一、无光栅无伴音	608
二、无光栅或光栅过暗	608

三、行场扫描都不同步	608
四、场幅度异常	608
五、无伴音(有图)	610
六、无彩色、色同步变坏或色调失真	611
七、信噪比(S/N)不良且对比度变差	611
八、底色偏	611
九、各种彩色故障的检测	612
§ 10-5 乐华ROWA-RC352/471型彩色电视机的常见故障检测	617
一、无光栅无伴音	617
二、无光栅有伴音	619
三、有光栅无图象无伴音	621
四、有光栅有伴音无图象	621
五、图象正常无伴音	622
六、伴音失真	623
七、水平一条亮线	624
八、垂直一条亮线	625
九、行场均不同步	625
十、行不同步	626
十一、场不同步	627
十二、无彩色	627
十三、彩色同步不良	630
十四、百叶窗状爬行效应	631
十五、彩色异常	631
十六、黑白图象变成黄色	632
十七、黑白图象变成紫色	632
十八、黑白图象变成青色	632
十九、亮度失控	634
二十、画面暗淡	634
二十一、画面模糊(聚焦不良)	634
二十二、图象噪波干扰	636
§ 10-6 进口彩色电视机常见故障检修	637
一、日立CTP-236D型彩色电视机的常见故障检修	637
二、东芝牌C-20Z1型彩色电视机的常见故障检修	642

第十一章 常用检测仪表的性能和使用648

§ 11-1 万用表的性能和使用	648
一、万用表的主要性能	648
二、使用方法	648

三、使用时注意事项	650
§ 11-2 示波器的性能和使用	651
一、示波器SBT-5的主要性能	651
二、示波器的使用方法	651
三、示波器SR-8的主要性能和用途	658
四、SR-8示波器的使用方法	658
§ 11-3 扫频仪的性能和使用	661
一、扫频仪的主要性能(BT3)	662
二、扫频仪的使用方法	662
§ 11-4 电子管毫伏表的性能和使用	666
一、主要性能	666
二、使用方法	666
§ 11-5 数字式频率计的性能和使用	667
一、主要性能要求	667
二、使用方法	668
§ 11-6 高频信号发生器的性能和使用	668
一、主要特性要求	669
二、使用方法	670
§ 11-7 彩色/黑白电视信号发生器	672
一、主要性能要求	673
二、使用方法	674
附录一 彩色广播接收机的基本参数和要求	677
附录二 我国彩色电视暂行制式试用技术标准	681

第一章 彩色电视基本原理

彩色电视是在黑白电视的基础上发展起来的。它同样是采用光-电-光及声-电-声转换的原理,对彩色图象和声音进行变换、传输、处理,由接收机重显出彩色图象和重播出伴音,从而实现彩色电视的广播和接收。

彩色电视的实现是建立在色度学和视觉生理学研究的基础上,而三基色原理则是彩色电视进行彩色分解和重显的理论依据。三基色原理告诉我们:自然界的任意彩色都可以分解成红、绿、蓝三种独立的基色。利用不同比例的红、绿、蓝三种基色,可以混合相加成所有彩色,而这三种基色不能相互包含和代替,各具有一定的独立性。例如,实际生活中的彩色图象可以按照合适比例混合相加成一等效彩色图象来代替,利用人眼对实际彩色景物和模拟彩色图象具有相同的主观彩色感觉的效果,实现彩色电视的广播与接收。具体地说,就是将自然界的景物首先由摄象机的分光系统分解成红、绿、蓝三种基色图象,然后转换成相应的电信号,再把这些电信号进行加工、处理,以高频电磁波的方式由电视天线发射出去。在接收端,电视机接收到包含有被摄景物彩色信息的电信号,这一电信号经过一系列的放大、变换后,又以三基色电信号激励彩色显象管,应用相加混色法原理重显出彩色图象。三种基色进行分解、传送和组合的不同方式,则构成不同的彩色电视制式。

彩色电视作为传送活动彩色景物的一门技术,对此,既要考虑到让已近普及的黑白电视接收机能收看彩色电视节目(仍为黑白图象),以满足广大黑白电视机用户的要求,又要使彩色电视机除了收看彩色电视节目外,还能收看黑白电视节目。也就是说,彩色电视既要传送和重显鲜艳逼真的彩色图象,又要解决黑白、彩色电视的“兼容”问题。为此,需采用正确的彩色电视制式,要求彩色电视信号中既含有与黑白电视中视频信号相同的亮度信号和辅助信号(包含行场同步、消隐和均衡脉冲及槽脉冲)又在亮度频带内含有色度信号(包含色同步信号),以实现黑白和彩色电视信号的频带共用,利用人眼视觉特性,应用大面积着色原理、混合高频原理和频谱交错技术,实现亮度信号和色度信号的一起传送、处理,最后恢复三基色电信号,控制彩色显象管,重显彩色图象。

为了很好地理解彩色电视的上述过程,掌握彩色电视的基本原理,进行电路分析和维修,首先要弄清楚彩色电视中有关色度学的基本知识;了解国际上采用的三种彩色电视制式概况、特点和我国采用的PAL制彩色电视基本原理;彩色显象管的结构、原理和调整;然后掌握彩色电视接收机的组成、特点和各部分工作原理,实际电路的工作过程、电压、电流数据、波形和有关频响特性以及元器件作用;结合国产彩色电视接收机和进口彩色电视机的电路,进而了解彩色电视机有关部分的调试维修步骤和方法。

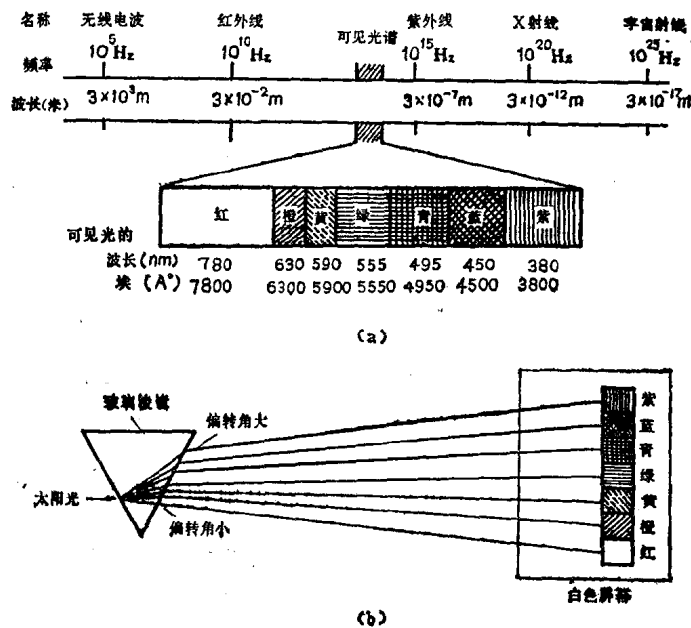
§ 1-1 彩色电视的有关色度学知识

彩色电视中的光不同于黑白电视中的单色白光，它包含着各种颜色的可见光作用到人眼时所能引起的彩色感觉。这表明彩色是某一光波或几种光波对人眼综合作用的特定感觉。正确理解光和色的特性、三基色原理、色度图、彩色电视信号传输过程中的有关问题，对于实现彩色电视广播、接收均具有重要意义。下面分四方面加以叙述。

一、光和色的特性

(一) 光和色的一般概念

光是客观存在的，波长很短而频率很高的电磁波，是一种具有波动性和微粒性的特殊物质。人眼感觉到的可见光波长范围为380纳米到780纳米（纳米用nm表示），可见光谱集中在频率为 $(4\sim 8)\times 10^{14}\text{Hz}$ 附近，它是一种能引起人眼视觉感应的很窄频率范围的电磁波。不同波长或频率的可见光能引起人眼不同的颜色感觉。可见光谱中各种波长的光波同时到达人眼时，感觉到“白光”，而滤掉一部分光波，只让某部分光波到达人眼时则感觉到某种彩色。例如太阳光，在晴空万里时发出耀眼的白光，则是第一种情况；而在雨过天晴的天空中出现彩虹现象，则是由于高空中出现的无数小雨滴，对各种波长的太阳光产生不同折射，进而引起人眼感觉到的各色彩带。应用三棱镜对不同波长的光折射角不同，即波长越短折射角越大，波长越长折射角越小的特性，可以将可见光分解成波长由长到短的七色彩带：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，如图1-1-1所示。



(a) 电磁波谱区段及可见光谱范围与对应的彩色

(b) 太阳光折射分解成七色光图解

图1-1-1 电磁波的可见光谱分布及太阳光折射图解