

高等职业教育电子信息类贯通制教材

电子技术专业

彩色电视机原理与维修 (第2版)

● 何祖锡 主编

本书配有电子教学参考资料包



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

高等职业教育电子信息类贯通制教材（电子技术专业）

彩色电视机原理与维修 (第2版)

何祖锡 主编

责任编辑：何祖锡
封面设计：何祖锡
出版：北京人民邮电出版社
地址：北京市丰台区右安门内大街26号
邮编：100054
电话：(010) 63786215
网址：http://www.pup.com.cn

ISBN 978-7-121-04092-8

1. 彩色电视机原理与维修 ① 彩色电视机原理 ② 彩色电视机维修 ③ 彩色电视机故障排除 ④ 彩色电视机装配与调试 ⑤ 彩色电视机检测与校准 ⑥ 彩色电视机老化与可靠性 ⑦ 彩色电视机环保与节能 ⑧ 彩色电视机安全与防火 ⑨ 彩色电视机电磁兼容 ⑩ 彩色电视机其他相关知识 ⑪ 彩色电视机其他相关知识 ⑫ 彩色电视机其他相关知识 ⑬ 彩色电视机其他相关知识 ⑭ 彩色电视机其他相关知识 ⑮ 彩色电视机其他相关知识 ⑯ 彩色电视机其他相关知识 ⑰ 彩色电视机其他相关知识 ⑱ 彩色电视机其他相关知识 ⑲ 彩色电视机其他相关知识 ⑳ 彩色电视机其他相关知识 ㉑ 彩色电视机其他相关知识 ㉒ 彩色电视机其他相关知识 ㉓ 彩色电视机其他相关知识 ㉔ 彩色电视机其他相关知识 ㉕ 彩色电视机其他相关知识 ㉖ 彩色电视机其他相关知识 ㉗ 彩色电视机其他相关知识 ㉘ 彩色电视机其他相关知识 ㉙ 彩色电视机其他相关知识 ㉚ 彩色电视机其他相关知识 ㉛ 彩色电视机其他相关知识 ㉜ 彩色电视机其他相关知识 ㉝ 彩色电视机其他相关知识 ㉞ 彩色电视机其他相关知识 ㉟ 彩色电视机其他相关知识 ㊱ 彩色电视机其他相关知识 ㊲ 彩色电视机其他相关知识 ㊳ 彩色电视机其他相关知识 ㊴ 彩色电视机其他相关知识 ㊵ 彩色电视机其他相关知识 ㊶ 彩色电视机其他相关知识 ㊷ 彩色电视机其他相关知识 ㊸ 彩色电视机其他相关知识 ㊹ 彩色电视机其他相关知识 ㊺ 彩色电视机其他相关知识 ㊻ 彩色电视机其他相关知识 ㊼ 彩色电视机其他相关知识 ㊽ 彩色电视机其他相关知识 ㊾ 彩色电视机其他相关知识 ㊿ 彩色电视机其他相关知识

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第011173号

责任编辑：何祖锡
封面设计：何祖锡
出版：北京人民邮电出版社

地址：北京市丰台区右安门内大街26号
邮编：100054
电话：(010) 63786215
网址：http://www.pup.com.cn

ISBN 978-7-121-04092-8

北京人民邮电出版社 100054 邮编 100054

开本：787×1092 1/16 印张：19.25 字数：230千字 插页：1

印次：2008年3月第1次印刷

印数：4000册 定价：29.00元

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材全面且系统地介绍了电视图像传送的原理和电视接收机电路的工作原理,并且详细地介绍了电视机的维修与调试技术。

本教材可分为彩色电视原理、电视接收机原理、新技术新知识和实践知识四部分内容。第1、2章为电视原理部分,主要介绍电视图像传送的基本原理、电视信号的特点和传输方法;第3~11章为电视接收机原理部分,介绍了彩色遥控电视机各电路的作用、要求和工作原理,并且对实际电路举例分析;第12、13章为新技术新知识部分,介绍了新型大屏幕彩色电视机的特点和I²C数据总线彩色电视机的原理与电路,以及数字电视的基础知识;第14~16章为彩色电视机的实践知识部分,介绍了彩色电视机各种故障的维修方法和排除方法,并具体介绍彩色电视机的实验与实训。

第2版删去了原教材中的部分理论知识,加强了实践知识,并且增加了大屏幕彩色电视机和I²C总线彩色电视机的电路分析和维修知识,以及数字电视的基础知识。

本教材内容新颖,理论联系实际,深浅程度适中,适用于高职贯通制电子技术应用、音像、家电维修等专业的教学,也可作为电子产品维修工人技术等级培训及家电维修培训教材,同时还可作为广大业余家电维修人员的自学用书。

本书还配有电子教学参考资料包,包括教学指南、电子教案及习题答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

彩色电视机原理与维修/何祖锡主编. —北京:电子工业出版社,2008.3

高等职业教育电子信息类贯通制教材. 电子技术专业

ISBN 978-7-121-04065-8

I. 彩… II. 何… III. ①彩色电视—电视接收机—理论—高等学校:技术学校—教材 ②彩色电视—电视接收机—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. TN949.12

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第011147号

策划编辑:李光昊

责任编辑:宋兆武 张帆

印刷:北京牛山世兴印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开本:787×1092 1/16 印张:19.75 字数:530.9千字 插页:1

印次:2008年3月第1次印刷

印数:4000册 定价:29.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言



在本书的编写过程中,组织了一批长期从事电视机相关课程教学且具有丰富的理论教学和实践经验的老师,经过多次讨论和修改,编写了本教材。这次再版,广泛征求了各位老师的意见,对本教材进行了全面的修订。

本教材全面且系统地介绍了电视图像传送原理和电视接收机电路的工作原理,以及电视机的维修与调试技术。第1章介绍了电视技术中应用到的彩色的基础知识和电视图像传送的基本过程和基本原理;第2章主要介绍PAL制电视信号的特点和传输方法;第3~11章分别介绍了高频调谐器、中频通道、伴音通道、视频通道、同步扫描电路、显像管及附属电路、开关型稳压电源、遥控系统、整机电路分析;第12章介绍了大屏幕彩电的特点和 I^2C 数据总线彩色电视机的工作原理;第13章介绍了数字电视的基础知识;第14章介绍了彩色电视机维修的基本知识,并且按光栅、图像、彩色、伴音和遥控五个方面介绍故障的原因、维修方法和故障排除技巧;第15章介绍了彩色电视机维修过程中常用的各种调试技术;第16章介绍了彩色电视机的实验与实训。全书内容深入浅出、通俗易懂、图文并茂。

本教材贯彻高职教育“理论够用,实践为重”的教育思想,注重对学生能力的培养。为了加强实践教学环节,本教材包含了彩色电视机的调试、维修、实验与实训内容,把理论与实践紧密结合,便于学生掌握实用的实践知识。

为使本教材更加适应高职教育的要求和当今电视技术的发展形势,第2版删去了原教材中的部分理论教学内容,加强了实践知识。并且增加了大屏幕彩色电视机和 I^2C 总线彩色电视机的电路分析和维修知识,以及数字电视的基础知识。

本教材可以作为高等职业教育,电子技术应用、音像、家电维修等专业的教学用书,也可作为成人教学、中级电子产品维修考核培训及业余家电维修培训教材,或是彩电维修人员的自学用书。

本教材第2版由何祖锡老师任主编,对全书进行了修订。程立新老师任副主编,并编写第12、13章。本教材第1版由张梅梅老师和李晓思老师编写的内容,以及由罗锦宏老师做的部分电子制图,都为这次再版打下了良好的基础,在此表示衷心感谢!

由于编写水平有限,经验不足,书中难免存在缺点和错误,恳请广大读者批评指正。

为了方便教学,本教材还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>或<http://www.huaxin.edu.cn>)免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者

2008年1月





第1章 广播电视的基本原理	(1)
1.1 彩色的基本知识	(1)
1.1.1 光与彩色	(1)
1.1.2 视觉特性与彩色三要素	(3)
1.1.3 三基色原理与混色	(5)
1.1.4 亮度方程	(7)
1.2 电视图像的传送过程	(7)
1.2.1 图像的分解	(7)
1.2.2 图像的光-电转换	(8)
1.2.3 静止图像的传送	(8)
1.2.4 活动图像的传送	(9)
1.3 电视扫描	(10)
1.3.1 行扫描和场扫描原理	(10)
1.3.2 逐行扫描和隔行扫描	(13)
1.3.3 扫描参数	(14)
1.4 摄像与显像原理	(14)
1.4.1 摄像原理	(14)
1.4.2 显像管工作原理	(16)
第2章 电视图像信号	(18)
2.1 电视制式与兼容制	(18)
2.1.1 电视制式	(18)
2.1.2 兼容制	(19)
2.1.3 三种兼容制彩色电视制式	(19)
2.2 彩色全电视信号	(20)
2.2.1 亮度信号(Y或A)	(20)
2.2.2 色度信号(F)	(22)
2.2.3 色同步信号(B)	(26)
2.2.4 消隐信号与扫描同步信号(S)	(26)
2.2.5 PAL制编码过程	(27)
2.3 高频电视信号	(28)
2.3.1 全电视信号的调制	(29)
2.3.2 伴音信号的调制	(29)
2.3.3 高频电视信号发射系统	(30)
2.3.4 一个频道的信号频谱	(30)
2.3.5 高频电视信号的波段划分	(31)

2.4	电视接收机	(32)
2.4.1	电视接收机的电路组成形式	(32)
2.4.2	电视机基本电路组成	(33)
第3章	高频调谐器	(36)
3.1	高频调谐器的概述	(36)
3.1.1	高频调谐器的作用	(36)
3.1.2	高频调谐器的基本电路组成	(36)
3.1.3	高频调谐器的性能要求	(37)
3.2	电子调谐器	(38)
3.2.1	电子调谐器的工作原理	(38)
3.2.2	电子调谐器的电路分析	(41)
3.3	高频调谐电路	(43)
3.3.1	高频调谐器介绍	(43)
3.3.2	手动调谐电路	(44)
3.3.3	自动选台原理	(45)
第4章	中频通道	(47)
4.1	中频通道概述	(47)
4.1.1	中频通道的作用	(47)
4.1.2	中频通道的性能要求	(47)
4.1.3	中频通道的电路组成	(48)
4.2	中频通道基本电路	(49)
4.2.1	中频输入电路	(49)
4.2.2	中频放大电路	(50)
4.2.3	中频检波电路	(51)
4.3	中频通道附属电路	(52)
4.3.1	AGC 电路	(52)
4.3.2	AFT 电路	(53)
4.3.3	ANC 电路	(54)
4.4	中频通道电路分析	(54)
第5章	伴音通道	(58)
5.1	伴音通道概述	(58)
5.1.1	伴音通道的作用	(58)
5.1.2	伴音通道的组成	(58)
5.1.3	伴音通道的性能要求	(59)
5.2	伴音通道电路	(59)
5.2.1	伴音中放电路	(59)
5.2.2	伴音鉴频电路	(60)
5.2.3	伴音低频放大电路	(60)
5.3	伴音通道中的新电路	(61)
5.3.1	电子音量控制电路	(61)

5.3.2	静噪电路	(62)
5.3.3	多制式伴音接收电路	(63)
5.4	伴音通道电路分析	(64)
第6章	视频通道	(67)
6.1	彩色解码电路概述	(67)
6.1.1	彩色解码电路的作用和组成	(67)
6.1.2	PAL 制的彩色解码电路及过程	(68)
6.1.3	D7698AP 集成的介绍	(71)
6.2	亮度通道	(73)
6.2.1	亮度通道的主要电路	(74)
6.2.2	亮度通道电路分析	(78)
6.3	色度通道	(79)
6.3.1	色度通道的主要电路	(80)
6.3.2	色度通道电路分析	(85)
6.4	副载波恢复电路	(86)
6.4.1	副载波恢复电路的主要电路	(87)
6.4.2	副载波恢复电路分析	(93)
6.5	基色解码矩阵与末级视放电路	(95)
6.5.1	基色解码矩阵及末级视放电路的作用、组成及工作原理	(96)
6.5.2	基色解码矩阵及视放输出电路分析	(97)
第7章	同步扫描电路	(100)
7.1	同步扫描电路概述	(100)
7.1.1	同步扫描电路的组成	(100)
7.1.2	同步扫描电路的特点	(101)
7.2	同步分离电路	(102)
7.2.1	同步分离电路的作用、性能要求与电路组成	(102)
7.2.2	幅度分离电路	(102)
7.2.3	宽度分离电路	(103)
7.2.4	同步分离电路分析	(104)
7.3	场扫描电路	(105)
7.3.1	场扫描电路的作用、性能要求与电路组成	(105)
7.3.2	场振荡电路	(105)
7.3.3	场激励电路	(106)
7.3.4	场输出电路	(106)
7.3.5	场非线性校正	(108)
7.3.6	场扫描电路分析	(110)
7.4	行扫描电路	(110)
7.4.1	行扫描电路的作用、要求与电路组成	(110)
7.4.2	行输出级	(111)
7.4.3	行逆程供电	(116)

7.4.4	行激励级	(117)
7.4.5	行振荡电路	(118)
7.4.6	行 AFC 电路	(119)
7.4.7	行扫描电路分析	(120)
第 8 章	显像管及其附属电路	(124)
8.1	显像管的基本结构与工作原理	(124)
8.1.1	显像管的基本结构与参数	(124)
8.1.2	显像管的基本工作原理	(126)
8.2	彩色显像管的特点与工作原理	(129)
8.2.1	自会聚彩色显像管的特点	(129)
8.2.2	彩色显像管的机械与电气参数	(132)
8.2.3	彩色显像管的色纯度	(132)
8.2.4	彩色显像管的会聚	(133)
8.3	彩色显像管的附属电路	(134)
8.3.1	自动消磁电路	(134)
8.3.2	白平衡调整	(136)
第 9 章	开关型稳压电源	(139)
9.1	开关型稳压电源的基本工作原理及其特点与分类	(139)
9.1.1	开关型稳压电源的基本工作原理	(139)
9.1.2	开关型稳压电源的特点	(140)
9.1.3	开关型稳压电源的分类	(141)
9.2	遥控开关机电路	(143)
9.3	开关电源电路分析	(145)
9.3.1	夏普 NC-II T 机型电源电路	(145)
9.3.2	东芝 L851 型电源电路	(148)
第 10 章	遥控系统	(151)
10.1	遥控系统的电路组成和功能	(151)
10.1.1	遥控系统的组成	(151)
10.1.2	遥控系统的遥控功能	(152)
10.2	遥控系统的工作原理和正常工作条件	(154)
10.2.1	遥控系统的基本工作原理	(154)
10.2.2	遥控系统的正常工作条件	(155)
10.3	遥控系统的电路分析	(157)
10.3.1	M50436-560SP 的简介	(157)
10.3.2	遥控编码发射器	(159)
10.3.3	遥控指令接收器	(161)
10.3.4	中央微处理器	(162)
10.3.5	遥控系统的存储器	(169)
第 11 章	整机电路分析	(172)
11.1	彩色电视机机型与整机电路分析方法	(172)

11.1.1	彩色电视机的机型	(172)
11.1.2	彩色电视机整机电路分析的方法	(172)
11.2	凯歌 4C5401-1 彩色电视机整机电路分析	(173)
11.2.1	整机概况	(173)
11.2.2	信号流程分析	(174)
11.2.3	供电流程分析	(176)
第 12 章	新型彩色电视机	(178)
12.1	新型彩色电视机的特点	(178)
12.2	TCL-2129E 型彩色电视机电路组成	(182)
12.3	TCL-2129E 型彩色电视机信号流程	(187)
12.4	TCL-2129E 型彩色电视机 I2C 数据总线调整	(193)
第 13 章	数字电视	(198)
13.1	数字电视概述	(198)
13.1.1	数字电视基础	(198)
13.1.2	数字电视的优点	(200)
13.2	信源编码	(201)
13.2.1	图像压缩编码	(201)
13.2.2	音频压缩编码	(205)
13.2.3	中国音视频编解码技术标准——AVS 标准	(207)
13.3	多路复用	(209)
13.3.1	节目复用	(209)
13.3.2	系统复用	(209)
13.4	信道编码	(210)
13.4.1	差错控制系统	(210)
13.4.2	纠错码分类	(211)
13.4.3	RS 编码技术	(212)
13.4.4	数据交织技术	(212)
13.4.5	卷积编码技术	(212)
13.4.6	网格编码调制技术	(213)
13.4.7	级联编码技术	(213)
13.5	调制	(213)
13.5.1	数字电视信号调制目的	(213)
13.5.2	数字调制技术	(215)
13.6	数字电视标准	(218)
13.6.1	数字电视标准的作用	(218)
13.6.2	世界三大数字电视标准	(218)
13.6.3	中国的数字电视标准	(219)
13.7	数字电视接收机	(220)
13.7.1	数字电视信号接收的基本原理	(220)
13.7.2	数字电视机顶盒	(221)

13.7.3	数字电视机顶盒的功能	(222)
第 14 章	彩色电视机维修	(224)
14.1	彩色电视机维修基础	(224)
14.1.1	彩色电视机故障产生的原因	(224)
14.1.2	彩色电视机的维修过程	(225)
14.1.3	彩色电视机维修过程中的注意事项	(226)
14.1.4	彩色电视机的维修方法	(227)
14.2	彩色电视机故障的分类	(233)
14.2.1	光栅方面的故障	(233)
14.2.2	图像方面的故障	(235)
14.2.3	彩色方面的故障	(236)
14.2.4	伴音方面的故障	(237)
14.2.5	遥控方面的故障	(237)
14.3	光栅故障的维修	(237)
14.3.1	光栅电路的维修方法与步骤	(238)
14.3.2	光栅故障的分析与维修	(243)
14.4	图像故障的维修	(248)
14.4.1	图像通道的维修方法与步骤	(248)
14.4.2	图像故障分析与维修	(250)
14.5	彩色故障的维修	(253)
14.5.1	彩色故障的维修方法与维修步骤	(253)
14.5.2	彩色故障分析与维修	(254)
14.6	伴音故障维修	(256)
14.6.1	伴音故障的维修方法与维修步骤	(256)
14.6.2	伴音故障分析与维修	(256)
14.7	遥控系统的维修	(257)
14.7.1	遥控系统的维修方法	(257)
14.7.2	遥控系统常见故障分析与维修	(258)
第 15 章	彩色电视机调试	(263)
15.1	直流电压调试	(263)
15.1.1	电源输出电压调试	(263)
15.1.2	高放 AGC 延迟量调试	(264)
15.2	光栅与图像的调试	(264)
15.2.1	行幅度调整	(264)
15.2.2	场幅度与场线性调整	(265)
15.2.3	行、场中心位置调整	(265)
15.2.4	副亮度与聚焦调试	(265)
15.2.5	延时解调器调试	(266)
15.3	频率特性曲线调试	(267)
15.3.1	中频幅频特性曲线调试	(267)

15.3.2	伴音鉴频曲线调试	(268)
15.3.3	AFT 中周调试	(268)
15.4	数据总线彩电调整	(269)
15.5	彩色显像管调整	(270)
15.5.1	色纯度的调整步骤	(270)
15.5.2	会聚的调整步骤	(271)
15.5.3	白平衡的调整步骤	(271)
第 16 章	彩色电视机实验与实训	(274)
16.1	高频调谐器的实验实训	(274)
16.2	中频通道实验	(276)
16.3	伴音通道实验	(278)
16.4	解码电路实验与实训	(280)
16.5	末级视放与显像管电路的实验与实训	(282)
16.6	同步分离与场扫描电路实验与实训	(283)
16.7	行扫描电路实验与实训	(285)
16.8	电源电路的实验与维修	(286)
16.9	遥控系统实验与实训	(288)
16.10	数据总线彩电实验实训	(289)
16.11	枕型校正电路实验实训	(290)
附录 A	中华人民共和国国家标准 GB 3174—82 彩色电视广播	(291)
附录 B	简明英汉对照表	(298)

第1章 广播电视的基本原理

广播电视台首先用摄像机将图像的明暗和彩色变化转换成相应的视频信号,用话筒将伴随图像出现的声音转换成相应的音频信号,然后分别进行放大和调制以后,转换成高频载波信号,通过发射天线或有线电视电缆传送出去。

电视接收机则是将接收到的高频电视信号进行放大、解调等处理后,分别利用显像管将图像信号转换成原来的图像,利用扬声器将伴音信号转换成原来的声音。

1.1 彩色的基本知识

色度学原理和人眼的视觉特性是彩色电视传送自然界千变万化、绚丽多彩的彩色景象的技术基础。

1.1.1 光与彩色

彩色是光的一种属性,没有光就没有彩色。人类的眼睛就是通过光感知彩色世界的。

1. 光的特性

光是一种以电磁场波形式存在的物质。电磁波波谱图如图 1.1 所示,其中波长为 380~780 nm (nm 称做纳米, $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$) 的电磁波是可以被人眼直接感觉到的,这些电磁波称为可见光。可见光用三棱镜可以分解成可见光光谱图,如图 1.1 所示。从图中可以看出不同波长的可见光会引起人眼不同的彩色感觉,波长从长到短,依次为红色、橙色、黄色、绿色、青色、蓝色、紫色。也就是说,彩色是人眼对不同波长可见光的感受。例如,波长为 400 nm 的光,给人紫色的感觉;波长为 600 nm 的光给人黄橙色的感觉。也就是说,光对色是单一性的,一定波长的光一定为某一种色。但是理论和实践都证明色对光却并非单一的,即相同的彩色感,可以来自不同波长的光谱成分。例如,波长为 590 nm 的单色光为黄色,另外将波长为 700 nm 的红光和波长为 540 nm 的绿光混合,也可以产生与黄单色光相同的彩色效果。又例如,太阳光中包含所有波长的可见光,人眼对太阳光的感觉为白色。这种连续光谱的白色日光也可以由红、绿、蓝三种单色光按适当比例混合而得到。

2. 物体的颜色

人们所看到物体的颜色有两种不同的来源:一种是发光体所呈现的颜色,例如各种彩灯和霓虹灯、火焰及物体加热后发出的彩色光,其颜色由其发射光的光谱成分决定,例如煤炭燃烧发出黄橙色的光,煤气的火焰为蓝色,铜燃烧发出绿光;另一种是本身不发光的物体所呈现的颜色,这些物体是在外界光源的照射下,有选择地吸收、反射和透射照明光中的一定光谱成分形成的颜色。这种吸收、反射和透射光的特性由物体本身的特性决定。因此,不同



的物体能呈现不同的颜色。例如,在阳光下,绿色的树叶能反射太阳光中绿色的光而吸收其他颜色的光,因而呈现绿色;红领巾能反射太阳光中红色的光,吸收其他颜色的光,因而呈现红色;天上的白云反射全部太阳光,因而呈现白色;黑色的煤炭能吸收照射光中所有光谱的光,因而呈现黑色。

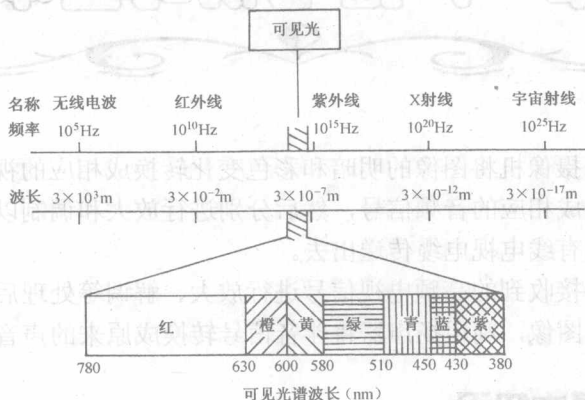


图 1.1 电磁波波谱图

3. 标准光源

由于物体呈现的颜色是由反射照明光中的一部分颜色光所形成的,因此物体的颜色还与照射它的光源有关。例如,若在不含红光成分的绿光下观察红花,就会发现它不再是红色的,而是接近黑色的。这是因为光源中没有红光成分,红花吸收了全部绿光,所以变成了黑色。另外,同一个物体在日光灯下看到的颜色与在白炽灯光下看到的颜色也是不相同的,这是因为这两种光源的成分不一样。日光灯光中的蓝色光多一些,而白炽灯光中的红橙光多一些。因此,日光灯下物体颜色偏蓝,而白炽灯下物体颜色偏红。也就是说,用不同光源照射同一种物体时,其颜色会发生偏差。

物体的颜色决定于照射光源的光谱分布和物体本身的光学属性。彩色电视所显示的景物,绝大多数本身并不发光,它们呈现的颜色都是反射的电视拍摄场地照明光源的光。由于景物的颜色与光源有密切的关系,因此在色度学的研究和彩色显像管的研制过程中,以及为了适应彩色电视节目互换的要求,都必须采用相同的光源。为此,国际上对照明光源规定了统一的标准,共有 A, B, C, D, E 五种标准的白色光源。这五种标准光源的光谱能量分布如图 1.2 所示。

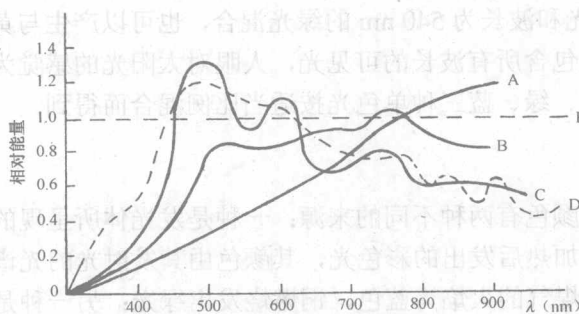


图 1.2 标准光源的光谱能量分布图



为了区别各种光源因光谱能量分布不同而产生的差异,在物理学中引入了绝对黑体的概念。所谓绝对黑体,是指既不反射也不透射,能够完全吸收入射光的理想辐射物体。当对绝对黑体加热时,它能够辐射出连续光谱的光,而且光谱的能量分布只与它的温度有关。在实际生活中,绝对黑体是不存在的,这里引入此概念,完全是为了便于对光源的分析与研究。当某种光源的辐射与绝对黑体加热到某一个温度时的辐射特性相当时,就以绝对黑体此时的温度作为该光源的色温。色温用绝对温度 K 表示,色温不是普通光源的实际温度,而是指光源的光谱特性,因此不能用温度计进行测量。

国际上规定的五种标准光源如下所述。

- A 光源。色温为 $2\,800\,K$ 的钨丝白炽灯光源为 A 光源。它的光谱能量主要分布在波长较长的区域,因而 A 光源的光偏红色。
- B 光源。此光源相当于中午直射太阳光的光源,色温为 $4\,800\,K$ 。在实验室中可用特制的滤色镜由 A 光源获得。
- C 光源。此光源相当于阴天自然散射光的光源,色温为 $6\,770\,K$ 。其光谱能量在 $450\,nm$ 处最大,因此 C 光源的光偏蓝色。NTSC 制彩色电视中用 C 光源作为标准白光。
- D 光源。此光源相当于白天直射光与散射光混合后的平均照明光,色温为 $6\,500\,K$ 。PAL 制彩色电视广播中用 D 光源作为标准光源,彩色电视机屏幕上看到的白色就应该是 D 光源的白光。
- E 光源。此光源是一种理想的等能量白光。它的光谱能量分布是一条平行于横轴线的水平直线,在可见光的波长范围内各波长具有相等的辐射功率,色温为 $5\,500\,K$ 。在实际生活中并不存在 E 光源,E 光源是为了简化色度学中的计算和便于分析的一种假设的理想光源。

1.1.2 视觉特性与彩色三要素

1. 人眼的视觉特性

物体有选择地吸收、反射或透射不同波长的光是物体固有的物理特性,它决定了该物体的颜色。而人们感觉到光的颜色和光的亮度却是由人眼的生理结构特点造成的。人的视觉主要是由于光射到眼睛视网膜上的感光细胞而引起的,而且具有如下特性。

(1) 视觉灵敏度

视觉灵敏度是指人眼在特定环境中对彩色光的敏感程度。视觉灵敏度与光的波长、光的辐射强度及周围的环境有关。不同波长的光对人眼的视觉灵敏度的影响是不同的。首先,随着波长的改变,不仅人对颜色的感觉不同,而且对亮度的感觉也不相同。各种彩色光中,人眼感到最暗的是蓝色,其次是红色,最亮的是黄绿色。因此,不同波长的彩色要获得相同的亮度感觉,所需要的辐射功率是不同的。例如亮度相同的蓝光与绿光,蓝光的辐射功率要比绿光大得多。其次,在可见光的光谱范围内,对于同一波长的光,当光的强度不一样时给人眼的亮度感觉也是不同的。再有,当环境光不同时,人眼的视觉灵敏度也不同。人眼对不同波长的光的视觉灵敏度曲线如图 1.3 所示。从该曲线可以看出,人眼对波长处于可见光波长中部的绿色(G)光的视觉灵敏度高;对波长较短的蓝色(B)光的视觉灵敏度低;对波长较长的红色(R)光比蓝光的视觉灵敏度高,比黄绿光的视觉灵敏度低。

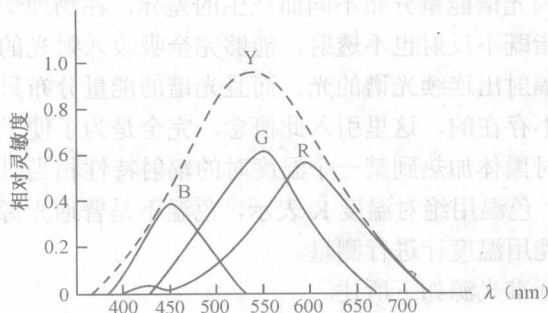


图 1.3 人眼对不同波长的光的视觉灵敏度曲线

(2) 彩色分辨力

彩色分辨力是指人眼对彩色图像细节的区分能力。人眼的视网膜上有两种视觉细胞,一种为圆柱形的感光细胞,对亮度比较敏感;另一种为圆锥形的感色细胞,对彩色比较敏感。感色细胞的数量比感光细胞的数量少,所以人眼对彩色细节的分辨能力低于对亮度细节的分辨能力。当图像的彩色细节细到一定程度后,人眼就难以分辨出细小部分的彩色,而只能分辨其明暗程度。电视信号的高频成分反映的是图像的细节,低频成分反映的是大面积图像或背景,因此,彩色电视的亮度信号要用较宽的频带(4.2~6 MHz)来传送,而对彩色信号只要用较窄的频带(0.5~1.5 MHz)进行传送即可。

(3) 彩色感觉

实际上,要恢复自然界中各种彩色光原来的光谱成分是不可能的。根据人眼对色的感觉是非单一性的,重现彩色图像时,也就不必恢复彩色光原来的光谱成分,只要能重现相同的彩色感就可以了。这就给电视传输中光信号转换成电信号及电信号转换成光信号带来了极大的方便。

(4) 视觉暂留特性

人眼观看某一个光点或某一幅图像时,当这个光点或图像消失后,人眼的感觉并不会立即消失,而是会保留一段时间,然后才逐渐消失。这种现象称做视觉暂留特性,又称做视觉惰性。人眼的视觉暂留时间为0.1 s左右。如果连续显示动作区别不大的画面,例如两幅静止的图像出现的时间间隔小于0.1 s,就可以使人看到连续活动的画面。电影就是利用这个方法显示活动图像的。

综上所述,人眼的视觉特性可归纳为以下几点:

- ① 人眼所看到的彩色是不同光谱成分作用于眼睛的综合效果;
- ② 人眼对不同波长的光的亮度感不同;
- ③ 人眼对彩色的分辨力远低于对亮度的分辨力;
- ④ 人眼对快速变化的图像有连续活动的感觉。

人眼的彩色视觉特性对彩色电视图像的传输是十分重要的。眼睛只能感觉彩色,不能区分刺激它的光谱成分。

因此,重现彩色图像时,也就不必恢复彩色光原来的光谱成分,只要能重现相同的彩色感就可以了。另外,由于眼睛对于很小的物体是色盲的,意味着对图像细节不用发送彩色信息,也就是说可以把彩色图像的色度信号频带进行适当压缩。



2. 彩色三要素

为了研究或介绍某一种彩色,则先要了解它的特性。理论与实践证明,衡量一种彩色光的特性可以用亮度、色调和色饱和度三个物理量来描述。亮度、色调和色饱和度称为彩色的三要素。

(1) 亮度

亮度是指彩色光作用于人眼时可引起人眼视觉的明暗程度。波长相同的光的亮度是由光线的强弱决定的,例如 100 W 的红色灯泡比 25 W 的红色灯泡亮。另外,亮度与波长的长短有关,强度相同但波长不同的光给人眼的亮度感觉也是不同的。生活中观察 100 W 的绿色灯泡比 100 W 的红色灯泡亮;100 W 的红色灯泡比 100 W 的蓝色灯泡亮。亮度通常用字母 Y(或 A)表示。

(2) 色调

色调是指彩色光的颜色类别。例如红色、绿色、蓝色、紫色等都是指不同的色调。根据光与色的关系可知,不同波长的单色光表现不同的色调,混合光的色调是由其中各种波长光的比例决定的。如果改变光的波长或光谱成分,都会引起色调的变化。

(3) 色饱和度

色饱和度是指彩色光所呈现彩色的深浅程度,即颜色的浓淡程度。在日常生活中很少见到纯净的单色光,通常见到的都是由许多波长不同的光组成的混合光。色饱和度是指在色光与白光的混合光中,色光所占的比例,用百分数表示。对于同一个色调的彩色光,其饱和度越高,颜色越深;其饱和度越低,颜色越浅。在某一个色调的彩色光中掺入白光,会使彩色光的饱和度下降。因此,色饱和度又可以看成是彩色光被白光冲淡的程度。色饱和度为 100% 的色光中没有白光成分,而没有色光的白光饱和度为零。

色调和色饱和度合称为色度。色度既说明了彩色光的颜色类别,又说明了颜色的深浅程度。色度通常用字母 F(或 C)表示。在彩色电视中,传输彩色图像的实质是传送图像的亮度和色度,黑白电视只传送图像的亮度,不传送色度。

1.1.3 三基色原理与混色

1. 三基色原理

人们在进行混色实验时发现,自然界中出现的各种彩色,几乎都可以用某三种单色光以不同的比例混合而得到。具有这种特性的三种单色光称做基色光,这三种颜色称做三基色。

根据人眼彩色视觉特性,在彩色重现的过程中,并不要求恢复原景物反射光的光谱成分,而重要的是获得与原景物相同的彩色感觉。于是可以选择三种基色,将它们按不同比例进行混合,以引起不同的彩色感觉,即利用混色的方法来达到重现彩色图像的目的。根据这个事实,便得出一个重要的原理——三基色原理,其主要内容如下所述。

① 三基色的互逆性。自然界中的任何一种彩色都可以被分解为三个基色;反之,用三个基色按一定比例混合可以得到绝大多数彩色。

② 三基色的独立性。三个基色必须是相互独立的彩色,即其中任一种基色都不能由其他两种基色混合产生,否则就不是三基色而是两基色了。如果采用两基色那混合所得到色调就会大大减少。



③ 三基色的混合性。三个基色之间的混合比例,决定了混合色的色调和色饱和度。

④ 三基色的叠加性。混合色的亮度等于三个基色亮度之和。

三基色的选择不是唯一的,彩色电视中使用的三基色是红色、绿色、蓝色。其主要原因是人眼对这三种颜色的光最敏感,而且用这三种色混合相加可配得较多的彩色。另外,这三种色荧光粉的电光转换效率较高,稳定性也较好。

红色、绿色、蓝色光的光谱波长范围分别为:红光为 $780\sim 630\text{ nm}$;绿光为 $580\sim 510\text{ nm}$;蓝光为 $450\sim 430\text{ nm}$ 。由于三基色波长范围内颜色是有差异的,所以国际上规定了三种标准基色光的特定波长:红色为 700 nm ;绿色为 546.1 nm ;蓝色为 435.8 nm 。

根据三基色原理,不再需要考虑彩色电视如何传送亮度不同、色度千差万别的各种彩色了。只要把不同的彩色分解成不同量的三种基色进行传送,即可以传送任何彩色了。在电视发送端,将各种彩色分解成不同量的三个基色,再转换成三个相应的电信号进行传送;而在电视接收端也只要用三种颜色的荧光粉,由电信号控制它们各自的发光强度,便可以重现各种各样的彩色。三基色原理是彩色电视广播得以实现的基本原理之一。

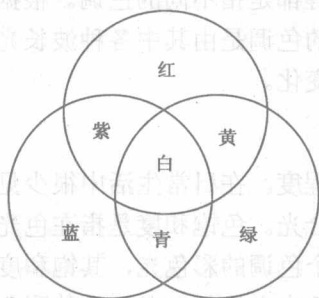


图 1.4 三基色相加混色图

2. 混色法

利用三基色按不同的比例混合来获得彩色的方法称做混色法。混色法有相减混色法和相加混色法。在绘图时使用的混色法是相减混色法;而在彩色电视机中使用的混色法是相加混色法。

如果将三束圆形截面的红、绿、蓝基色光同时投射到白色屏幕上,呈现出一幅品字形三基色圆形图,即三基色相加混色图,如图 1.4 所示。

由图 1.4 可以看出:

红色+绿色=黄色

绿色+蓝色=青色

蓝色+红色=紫色

红色+绿色+蓝色=白色

红色+青色=红色+绿色+蓝色=白色

绿色+紫色=绿色+蓝色+红色=白色

蓝色+黄色=蓝色+红色+绿色=白色

可见,对不同比例的红、绿、蓝三基色进行相加混色可以得到多种彩色。由两种颜色相加混色可得白色的,则我们把这样的两种颜色称为互补色。例如红色和青色互为补色,绿色和紫色互为补色;蓝色和黄色互为补色。那么,两种补色光相加将得到什么结果呢?举例如下:

黄色+青色=红色+绿色+绿色+蓝色=白色+绿色=浅绿色

紫色+黄色=蓝色+红色+红色+绿色=白色+红色=浅红色

实现相加混色的方法有直接相加混色法、空间相加混色法、时间相加混色法和生理相加混色法。这三种方法的特点简述如下。

① 直接相加混色法。把三种基色同时投射在一张白纸上实现混色的方法称做直接相加混色法。如果将这三幅基色的图像同时投射到一张屏幕上,那么将得到一幅完美的彩色图像。投影电视就是采用这种直接相加混色法。