

彩色电视机原理与维修技术

主 编 黄永定

副主编 毕恩兴

参 编 张 悦 侯洪波 朱 勇 王亚杰

施德江 赵忠双 韩 丁

主 审 唐克学



机械工业出版社

本教材是根据当前彩色电视机新技术、新器件、新工艺的不断出现,性能和高新技术含量的逐步提高,而且不断有新产品问世的形势,以及高等职业教育教学改革的要求而编写的。

本教材全面、系统地介绍了色度学、电视信号和电视制式等有关知识,以及高频调谐电路、行扫描电路、场扫描电路、图像中放电路、显像管电路、解码电路、伴音通道、电源电路、遥控与 I²C 总线系统等单元电路的结构、作用、工作原理以及产生故障的原因和常见故障的排除方法。每章后均有相应内容的实训课题;书中还介绍了当前流行的彩电新技术和维修实训的实施方法。

本教材强调动手能力的培养,增大了实训教学的课时比例。为了适应各校实验室的不同配置,实训课题中既提供了单片机(以 TA8690 为例)的资料,也提供了社会拥有量较大的两片机(以 TA7680、TA7698 为例)的资料和检测方法;实训步骤与方法力求详尽明了,以便于学生自学。

本书理论联系实际,深浅程度适中,适用于高等职业教育应用电子技术专业的教学,也适用于工人技术等级考核培训与家电维修培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

彩色电视机原理与维修技术/黄永定主编. —北京:机械工业出版社, 2005.10

(21 世纪高职高专系列教材)

ISBN 7-111-17754-1

I. 彩... II. 黄... 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(2005)第 126098 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划:胡毓坚 责任编辑:陈振虹 版式设计:张世琴

责任校对:张 媛 责任印制:杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·21.5 印张·532 千字

0 001—5 000 册

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高职高专电子技术专业系列教材

编委会成员名单

主 任 曹建林
副 主 任 张中洲 张福强 祖 炬 董维佳
俞 宁 蒋蒙安 吕何新 伍湘彬
任德齐 华永平 吴元凯

委 员（按姓氏笔画排序）

马 彪	邓 红	王树忠	王新新	尹立贤
白直灿	包中婷	冯满顺	华天京	吉雪峰
刘美玲	刘 涛	孙吉云	孙津平	朱晓红
李菊芳	邢树忠	陈子聪	杨元挺	张立群
张锡平	苟爱梅	姚建永	曹 毅	崔金辉
黄永定	章大钧	彭文敏	曾日波	谭克清

秘 书 长 胡毓坚
副秘书长 戴红霞

出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位，促进学生技能的培养，以及教材内容要紧密结合生产实际，并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神，机械工业出版社组织全国 40 余所院校的骨干教师，对在 2001 年出版的“面向 21 世纪高职高专系列教材”进行了修订。

在几年的教学实践中，本系列教材获得了较高的评价。因此，在修订过程中，各编委会保持了第 1 版教材“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。同时，针对教育部提出的高等职业教育的学制将由三年逐步过渡为两年，以及强调以能力培养为主的精神，制定出了本次教材修订的原则：跟上我国信息产业飞速发展的节拍，适应信息行业相关岗位群对第一线技术应用型操作人员能力的要求，针对两年制兼顾三年制，理论以“必须、够用”为原则，增加实训的比重，并且制作了内容丰富而且实用的电子教案，实现了教材的立体化。

针对课程的不同性质，修订过程中采取了不同的处理办法。核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时，增加实训和习题；实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合；涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。此外，在修订过程中，还进行了将几门课程整合在一起的尝试。所有这些都充分地体现了修订版教材求真务实、循序渐进和勇于创新的精神。在修订现有教材的同时，为了顺应高职高专教学改革的不断深入，以及新技术新工艺的不断涌现和发展，机械工业出版社及教材编委会在对高职高专院校的专业设置和课程设置进行了深入的研究后，还准备出版一批适应社会发展的急需教材。

信息技术以前所未有的速度飞快地向前发展，信息技术已经成为经济发展的关键手段，作为与之相关的教材要抓住发展的机遇，找准自身的定位，形成鲜明的特色，夯实人才培养的基础。为此，担任本系列教材修订任务的教师，将努力把最新的教学实践经验融于教材的编写之中，并以可贵的探索精神推进本系列教材的更新。由于高职高专教育正在不断的发展中，加之我们的水平和经验有限，在教材的编审中难免出现问题和错误，恳请使用这套教材的师生提出宝贵的意见和建议，以利我们今后不断改进，为我国的高职高专教育事业作出积极的贡献。

机械工业出版社

前 言

随着科学技术的发展和人们文化物质生活的提高,家用电子产品越来越受到人们的欢迎,目前家电产品也开始向多极化的方向发展,特别是彩色电视机,54~74cm 的普通彩电仍为市场的主流,高端产品中高清晰度数字电视机、大屏幕背投电视机、液晶电视机以及等离子体电视机的社会拥有量也在迅速增加。

目前我国已成为世界上彩电产量最大的国家,彩色电视机是应用新技术多、产品更新换代快的产品。近几年来新技术、新器件、新工艺的出现,使彩色电视机的性能和高新技术含量都有了很大的提高,彩电功能的增多使整机电路结构的复杂程度大大增加。同时,技术的成熟促进了生产规模的扩大和成本的降低,市场的销量也大幅度增加。

市场热销的同时也给售后服务和维修行业带来了许多新的问题和要求。从事营销、售后服务和彩电维修工作是高等职业学校应用电子技术专业学生的就业方向,他们不但需要掌握彩电的工作原理与维修方面的基础知识,更需要不断地学习新的技术,熟悉新的器件,掌握新电路的维修特点。

学习维修彩电首先要学懂原理,然后学会看图,在这个基础上学会辨认元器件,了解常见故障的部位及故障表现之间的关系,进而学会分析故障和排除故障。本教材在编写中充分注意了这一学习规律。

学习维修技术,最重要的是实践环节,只学理论而不动手进行实际操作是很难学会的。为了提高学习效率,体现高等职业教育的特点,本教材强调了动手能力的培养,增大了实训教学课时的比例。

本教材在理论讲述上采用图文结合的方式,很多地方是将彩色电视机的整机结构以及各单元电路的结构、信号处理过程、各电路部位的信号内容和波形等用图配文的形式表示出来。本书重点介绍有关彩电的实用维修技术和维修技巧,通过对各种电路的详解,使学生掌握检测和维修的基本方法。为了适应各校实验室的不同配置,实训课题中既提供了单片机的资料,也提供了社会拥有量较大的两片机的资料和检测方法;实训步骤和方法力求详尽明了,以便于学生自学。

由于在实际维修中大多接触的是厂商提供的原机电路图,本书为了使讲授和实际维修衔接,对原机电路图不予变动(有些与国家标准不一致),在此特别予以说明。

本书由吉林信息工程学校黄永定主编,西安铁路职业技术学院毕恩兴为副主编,吉林信息工程学校施德江、朱勇、侯洪波、王亚杰编写第1章~第4章及第10章~第13章,内蒙古电子信息职业技术学院韩丁编写第5章,吉林电子信息职业技术学院张悦、吉林机电工程学校赵忠双编写第6章~第9章,第14、15章及本书各章实训内容由毕恩兴编写。黄永定统编全书。延边工业学校唐克学老师主审。

彩色电视机是一种技术含量较高的电子产品,各种资料的时效性又很强,由于编者学识有限,书中难免有不妥与疏漏之处,欢迎读者批评指正。

为了配合本书的教学,机械工业出版社为读者提供了电子教案,读者可以在 www.cmp-book.com 上下载。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 色度学基础知识 1

1.1 光和色的基本知识 1

1.1.1 光和色 1

1.1.2 彩色三要素 2

1.2 三基色原理和混色法 3

1.2.1 三基色原理 3

1.2.2 混色法 3

1.2.3 人眼的视觉特性 4

1.3 思考与练习题 5

第2章 电视信号和电视制式 7

2.1 图像信号的产生和扫描体制 7

2.1.1 电视广播 7

2.1.2 摄像机的光电转换过程 7

2.1.3 扫描体制 9

2.2 彩色电视机的亮度和色差信号 11

2.2.1 兼容制的要求 11

2.2.2 亮度信号和色差信号 11

2.2.3 彩条信号 14

2.3 彩色电视信号的编码过程 15

2.3.1 NTSC制的编码过程 15

2.3.2 PAL制的编码过程 22

2.3.3 SECAM制的特点 25

2.4 彩色全电视信号的组成和特点 26

2.5 射频电视信号的调制方式 28

2.5.1 图像信号的调制 28

2.5.2 伴音信号的调制 29

2.5.3 电视频道的划分 30

2.6 思考与练习题 30

第3章 电视机的整机结构 32

3.1 黑白电视机的电路组成 32

3.1.1 扫描系统 33

3.1.2 信号系统 33

3.1.3 电源 34

3.2 彩色电视机的电路组成 34

3.2.1 彩色电视机各单元电路的基本功能 35

3.2.2 彩色电视机的信号处理过程 37

3.2.3 彩色电视机的遥控系统 39

3.3 大屏幕多制式彩色电视机 41

3.4 彩色电视机实例 43

3.4.1 夏普 NC-2T 两片机芯彩电 44

3.4.2 东芝 TA8690AN 单片机芯彩电 47

3.5 思考与练习题 48

第4章 电视机维修技术基础 50

4.1 电视机维修的基本要求 50

4.2 整机电路的读图方法 52

4.2.1 读电视机电路图的任务与要求 52

4.2.2 读电视机电路图的基本方法 53

4.2.3 彩色电视机整机电路图读图技巧 53

4.3 电视机维修技术概述 55

4.3.1 维修前的准备工作 56

4.3.2 维修前的注意事项 56

4.3.3 常用检测仪器 58

4.3.4 基本维修工具 58

4.3.5 故障检修的一般顺序 59

4.3.6 电视机的维修技巧 60

4.4 实训1 电视机专用、常用元器件的测试 63

4.4.1 实训目的 63

4.4.2 实训器材 63

4.4.3 实训内容与步骤 63

4.4.4 实训报告 72

4.5 实训2 电视机整机的拆卸与组装 72

4.5.1 实训目的 72

4.5.2 实训器材 72

4.5.3 实训内容与步骤	72	6.5.2 实训器材	110
4.5.4 实训报告	75	6.5.3 实训内容与步骤	110
4.6 思考与练习题	75	6.5.4 实训报告	112
第5章 高频调谐器	77	6.6 思考与练习题	113
5.1 高频调谐器的组成与基本工作 原理	77	第7章 伴音通道	115
5.1.1 高频调谐器的电路组成与性能 要求	77	7.1 伴音通道电路性能要求	115
5.1.2 高频调谐器的基本工作原理	78	7.1.1 伴音中放的性能要求	115
5.2 CATV 全频道电子调谐器	81	7.1.2 鉴频电路的性能要求	115
5.2.1 全频道电子调谐器的工作原理	81	7.1.3 音频放大的性能要求	116
5.2.2 CATV 与 CATV 全频道电子调 谐器	82	7.2 伴音通道单元电路分析	116
5.2.3 常用电调谐高频头	84	7.2.1 集成化伴音通道的基本组成和工作 原理	116
5.3 高频调谐器故障检修	87	7.2.2 伴音制式切换电路的作用与原 理	118
5.3.1 高频通道常见故障分析	87	7.2.3 陶瓷滤波器	119
5.3.2 调谐器故障检修	88	7.2.4 图像、伴音准分离电路	119
5.4 实训 高频调谐器的检测	91	7.3 TA8690AN 单片机伴音信号处理 电路分析	120
5.4.1 实训目的	91	7.4 伴音通道的故障检修	123
5.4.2 实训器材	91	7.4.1 伴音通道常见故障	123
5.4.3 实训内容与步骤	91	7.4.2 伴音通道故障检修	123
5.4.4 实训报告	94	7.5 实训 伴音电路测试及常见故 障检修	124
5.5 思考与练习题	95	7.5.1 实训目的	124
第6章 图像中频处理电路	98	7.5.2 实训器材	124
6.1 图像中频处理电路的性能要 求	98	7.5.3 实训内容与步骤	124
6.2 图像中频处理电路的组成	100	7.5.4 实训报告	127
6.2.1 中频滤波电路	100	7.6 思考与练习题	127
6.2.2 集成图像中放电路与双差分同步 检波电路	102	第8章 彩色解码电路	129
6.2.3 预视放和消噪电路	103	8.1 PAL-D 制解码器	129
6.2.4 自动增益 (AGC) 电路	104	8.1.1 PAL-D 解码器的作用和电路 组成	129
6.2.5 自动频率微调 (AFT) 电路	105	8.1.2 彩色全电视信号的解码过程	129
6.3 图像中频处理电路实例	106	8.2 彩色电视接收机的制式转换	137
6.4 图像中频处理电路故障检修	107	8.2.1 实现彩色电视制式转换需要解决 的问题	138
6.4.1 图像中频处理电路的常见故障	107	8.2.2 彩色电视制式的识别与转换 原理	140
6.4.2 图像中频处理电路故障检修 方法	109	8.3 彩色电视机的亮度/色度分离 电路	143
6.5 实训 中放电路的检测	110	8.3.1 动态数字梳状滤波器	143
6.5.1 实训目的	110		

8.3.2	PAL/NTSC 制数字梳状滤波器 MC142628	146	9.5.4	实训报告	187
8.4	彩色解码电路实例分析	149	9.6	思考与练习题	187
8.5	解码电路故障检修	152	第 10 章 行、场扫描电路	189	
8.5.1	解码电路常见故障及其检测 方法	152	10.1	扫描电路的作用与组成	189
8.5.2	TA8690AN 单片机芯解码器故障 检修	153	10.1.1	扫描电路的作用	189
8.6	实训 1 亮度电路检测	155	10.1.2	行、场扫描电路的组成与性能 要求	190
8.6.1	实训目的	155	10.2	行扫描电路	191
8.6.2	实训器材	156	10.2.1	行振荡电路	191
8.6.3	实训内容与步骤	156	10.2.2	行激励	192
8.6.4	实训报告	158	10.2.3	行输出级的工作原理	194
8.7	实训 2 彩色电视机色度通道 检测	159	10.2.4	行扫描失真及其补偿	197
8.7.1	实训目的	159	10.2.5	扫描保护电路	199
8.7.2	实训器材	159	10.2.6	东/西枕形失真校正电路	202
8.7.3	实训内容与步骤	159	10.2.7	高、中压电路	203
8.7.4	实训报告	161	10.3	场扫描电路	205
8.8	思考与练习题	162	10.3.1	场振荡电路	205
第 9 章 显像管及其附属电路	164		10.3.2	场推动和场输出电路	205
9.1	显像管的结构与工作原理	164	10.4	同步分离电路	206
9.1.1	显像管的外部结构	164	10.4.1	同步分离电路的作用与组 成	206
9.1.2	显像管的内部结构	165	10.4.2	同步信号分离的过程	206
9.1.3	自会聚显像管的结构与原理	167	10.4.3	同步控制的基本原理	207
9.2	显像管附属器件与电路	168	10.5	扫描电路实例分析	208
9.2.1	偏转线圈的结构与偏转原理	168	10.5.1	行扫描电路分析	208
9.2.2	自动消磁电路	170	10.5.2	场扫描电路分析	210
9.2.3	彩色显像管外围附属电路	172	10.6	行扫描电路故障检修	212
9.3	显像管的调节	173	10.6.1	行扫描电路故障的电压测量 法	212
9.3.1	色纯度调节	173	10.6.2	波形法检测行扫描电路	214
9.3.2	静会聚调节	173	10.7	场扫描电路故障检修	215
9.3.3	白平衡调节	174	10.8	实训 1 行扫描电路的检测	215
9.4	显像管电路故障检修	176	10.8.1	实训目的	215
9.4.1	彩色显像管故障的判断及检修	176	10.8.2	实训器材	216
9.4.2	显像管外围电路的检修	179	10.8.3	实训内容与步骤	216
9.5	实训 显像管电路的检测	182	10.8.4	实训报告	219
9.5.1	实训目的	182	10.9	实训 2 场扫描电路的检测	220
9.5.2	实训器材	182	10.9.1	实训目的	220
9.5.3	实训内容与步骤	182	10.9.2	实训器材	220
			10.9.3	实训内容与步骤	220

10.9.4	实训报告	222	12.4.4	实训报告	260
10.10	思考与练习题	224	12.5	思考与练习题	260
第 11 章	电源电路	226	第 13 章	I ² C 总线控制彩色电视机	262
11.1	电视机电源电路的性能要求	226	13.1	I ² C 总线基本概念	262
11.2	开关式稳压电源的电路结构与工作原理	227	13.1.1	I ² C 总线系统的基本结构	262
11.2.1	开关电源的基本工作原理	227	13.1.2	I ² C 总线系统的功能	263
11.2.2	调宽式与调频式开关电源的基本结构	228	13.1.3	I ² C 总线信号的传输方式	264
11.3	开关电源实例分析	229	13.1.4	I ² C 总线系统的控制过程	265
11.3.1	开关电源电路分析	231	13.1.5	I ² C 总线类型和端口名称	265
11.3.2	待机控制电路分析	232	13.1.6	I ² C 总线传输的控制信号	266
11.4	电源电路故障检修	233	13.1.7	I ² C 总线控制的集成电路和器件	267
11.4.1	电源电路的检修注意事项	233	13.2	I ² C 总线彩电的检修	267
11.4.2	开关电源常用检修方法	234	13.2.1	I ² C 总线彩电的基本形式	267
11.4.3	开关电源一般检修程序	235	13.2.2	I ² C 总线系统与外部电路的连接方式	268
11.5	实训 电源电路检测	236	13.2.3	I ² C 总线系统与外部电路的有关引脚	269
11.5.1	实训目的	236	13.2.4	I ² C 总线 CPU 彩电与常规 CPU 彩电的区别	271
11.5.2	实训器材	236	13.2.5	I ² C 总线电压和波形的测试	271
11.5.3	实训内容与步骤	236	13.2.6	I ² C 总线彩电开机自检与保护故障特征	272
11.5.4	实训报告	239	13.2.7	I ² C 总线彩电检修中应注意的问题	274
11.6	思考与练习题	240	13.2.8	I ² C 总线系统故障类型和检修方法	275
第 12 章	遥控系统电路	242	13.3	I ² C 总线彩电的调整	276
12.1	彩色电视机红外遥控系统组成与原理	242	13.3.1	I ² C 总线被控电路调整的基本原理	276
12.1.1	红外遥控系统组成	242	13.3.2	I ² C 总线彩电的维修状态及数据调整	279
12.1.2	彩色电视机的遥控功能	243	13.3.3	I ² C 总线彩电更换存储器后的初始化操作	281
12.1.3	彩色电视机遥控电路工作原理	243	13.3.4	维修状态下的 S 模式和 D 模式	282
12.2	彩色电视机遥控系统实例分析	247	13.4	思考与练习题	283
12.2.1	遥控系统的单元电路	248	第 14 章	彩色电视机的新技术	285
12.2.2	主要接口电路分析	250	14.1	数字电视技术	285
12.3	遥控电路故障检修	255	14.1.1	电视信号的数字处理技术	285
12.3.1	一般检修方法	255	14.1.2	数字电视机的基本特点	286
12.3.2	CTS171 遥控系统维修精要	257	14.1.3	数字电视机的基本结构	286
12.4	实训 遥控电路的检测	258			
12.4.1	实训目的	258			
12.4.2	实训器材	259			
12.4.3	实训内容与步骤	259			

14.1.4	数字电视的发展趋势	288	15.6	实训5 中频公共通道的测量 与检修	315
14.2	液晶电视机	289	15.6.1	实训目的	315
14.2.1	液晶电视机的基本特点	289	15.6.2	实训内容与步骤	315
14.2.2	液晶显示板的工作原理	290	15.6.3	检修注意事项	315
14.2.3	液晶显示板的结构	291	15.6.4	故障检修报告	315
14.2.4	液晶电视显示系统	292	15.7	实训6 高频调谐器的测量 与检修	316
14.2.5	小型彩色液晶电视机电路实 例	296	15.7.1	实训目的	316
14.3	投影电视机	297	15.7.2	实训内容与步骤	316
14.3.1	投影电视机的基本特点	297	15.7.3	检修注意事项	316
14.3.2	背投电视机的电路结构	298	15.7.4	故障检修报告	316
14.4	等离子体电视机的结构和 原理	302	15.8	实训7 亮度通道的测量与 检修	317
14.4.1	等离子体电视显示器	302	15.8.1	实训目的	317
14.4.2	等离子体显示器的显示原理	302	15.8.2	实训内容与步骤	317
第15章	检测维修综合实训	307	15.8.3	检修注意事项	318
15.1	彩电维修实训的总体要求	307	15.8.4	故障检修报告	318
15.2	实训1 开关电源电路的测 量与检修	309	15.9	实训8 色度通道的测量与 检修	318
15.2.1	实训目的	309	15.9.1	实训目的	318
15.2.2	实训内容与步骤	309	15.9.2	实训内容与步骤	318
15.2.3	检修注意事项	310	15.9.3	检修注意事项	319
15.2.4	故障检修报告	310	15.9.4	故障检修报告	319
15.3	实训2 场扫描电路的测量 与检修	310	15.10	实训9 遥控系统电路的测 量与检修	320
15.3.1	实训目的	310	15.10.1	实训目的	320
15.3.2	实训内容与步骤	311	15.10.2	实训内容与步骤	320
15.3.3	检修注意事项	311	15.10.3	检修注意事项	320
15.3.4	故障检修报告	312	15.10.4	故障检修报告	321
15.4	实训3 行扫描电路的测量 与检修	312	15.11	实训10 彩色显像管的调 整	321
15.4.1	实训目的	312	15.11.1	实训目的	321
15.4.2	实训内容与步骤	312	15.11.2	实训内容与步骤	321
15.4.3	检修注意事项	313	15.11.3	实训报告	323
15.4.4	故障检修报告	313	15.12	实训11 遥控彩色电视机 “三无”故障的检修	323
15.5	实训4 显像管及附属电路 的测量与检修	313	15.12.1	实训目的	323
15.5.1	实训目的	313	15.12.2	实训内容与步骤	323
15.5.2	实训内容与步骤	314	15.12.3	检修注意事项	326
15.5.3	检修注意事项	314	15.12.4	故障检修报告	326
15.5.4	故障检修报告	314			

附录	327	压值	329
附录 A TA7680AP/81AP 重要引脚 间的电阻值	327	附录 D TA7698AP 各引脚功能及电 压值	329
附录 B TA7698AP 重要引脚间的电 阻值	328	附录 E TA8690AN 引脚功能及电 压值	330
附录 C TA7680AP 各引脚功能及电		参考文献	332

第 1 章 色度学基础知识

本章要点

- 光和色的基本知识
- 彩色三要素
- 三基色原理和混色法

电视是一种现代传递信息的工具，能同时传递视觉和听觉信息，不但传递的信息量大；而且由于电视利用电磁波或有线电视电缆传递信息，传递速度快，因此电视不仅在广播方面普及，而且还广泛应用于其他科技领域。

电视技术是在摄影、传真、电影及无线电通信等许多技术的基础上发展起来的。

彩色电视的基础是黑白电视。黑白电视机中，图像是根据景物亮度的明暗差别形成的，而彩色电视中彩色图像除景物亮度外，还有景物色调和颜色的饱和度。因此，彩色电视的基本任务就是将被传送景物的亮度和色彩经彩色摄像机转化为电信号，并加以传送，最后在彩色显像管荧光屏上把电信号还原为景物的亮度和色彩，最大限度不失真地将景物重现出来。

1.1 光和色的基本知识

1.1.1 光和色

由光学理论知道，光是一种以电磁波形式存在的物质，它的波长范围大约在 $380 \sim 780\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$) 之间，在电磁波谱中仅占极窄的一段波长范围，如图 1-1 所示。由

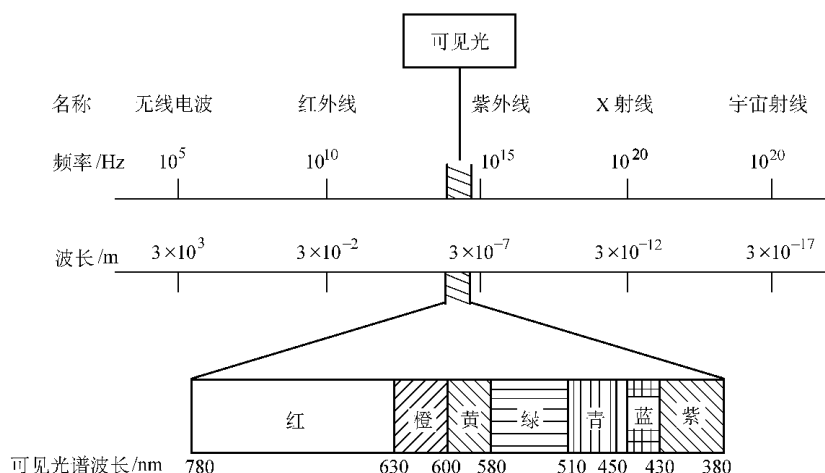


图 1-1 电磁波谱

于这段电磁波的辐射能为人眼看得见，所以称为可见光，习惯上简称为光。人眼对不同波长的光引起不同的颜色感觉，例如，波长为 400nm 左右和波长为 700nm 左右的光，分别给人以紫和红的感觉。在可见光的范围内，按波长依次递减，相应颜色排列为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七种颜色，把这些色光混合在一起就得到白光。波长大于 780nm 的叫红外光，而短于 380nm 的光叫紫外光，它们都是人眼看不见的。

在日常生活中可以发现，把一束光（太阳光）斜射到玻璃棱镜上，通过棱镜折射后，可将其分解为波长由长到短排列的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫七色彩带，如图 1-2 所示。这种现象也表明了白光不是单色光，而是由七色光合成的。

光和色本质上是一回事，色是光的一种形式，色既是客观物质，又是人眼对客观物质的视觉反映，色觉是视觉的一种特性。

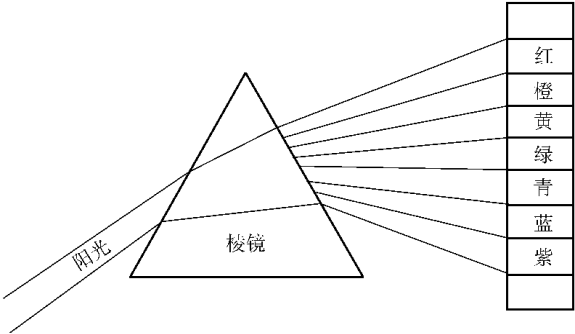


图 1-2 太阳光的分解

自然界的各种物体在太阳光照射下，会显出不同的颜色是因为各种物体吸收和反射光的特性不同。例如，树叶是绿色的，是因为它只反射太阳光中绿色波长的光，而把其他波长的光吸收了，当反射的绿色光作用于人眼就看到树叶是绿色的。由于自然界各种景物吸收和反射太阳光中某些波长各不相同的光，这样就构成五彩缤纷绚丽多彩的彩色世界。既然人眼所看到的景物颜色是由该景物所反射光的波长决定的，所以景物呈现的颜色还应与照射它的光源有关。树叶是绿色的，是指在太阳光照射下所呈现的颜色，若把树叶拿到红光下观察就会发现树叶不再是绿色，而是近乎黑色，这是因为红光源中没有绿色光成分，树叶吸收了全部红色光而呈现黑色。

因此，同一个物体在不同光源的照射下，呈现的颜色将有很大的差别，这是由于物体呈现的颜色并不是本身固有的，而是与光源所含波长成分及物体反射和吸收其中某些波长的光的特性有关。在彩色电视中，为了使节目色彩鲜艳，色调失真小，精心选择被传送图像的照明光源是非常重要的。国际上为了对彩色电视的照明光源有一个统一的标准，通常都规定几种白光作为标准照明光源。

1.1.2 彩色三要素

亮度、色调和色饱和度称为彩色三要素。任何一种彩色对人眼引起的视觉作用，都可以用彩色三要素来描述。

- 1) 亮度。亮度是指人眼所感觉的彩色的明暗程度，亮度取决于光线的强弱。
- 2) 色调。色调是指彩色的颜色类别，如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫分别表示不同的色调。色调取决于彩色的光谱成分，不同波长的光具有不同的色调。
- 3) 色饱和度。色饱和度是指彩色的深浅程度。同一色调的彩色，其色饱和度越高，颜色越深。色饱和度与彩色中所掺入的白光比例有关，掺入的白光越多，色光越浅，色饱和度越低。色饱和度用百分数表示，如某色光中若掺入一半的白光，则色饱和度为 50%，未掺入白光的纯色光，其色饱和度为 100%。白光的色饱和度为 0。

色调和色饱和度统称为色度。彩色电视系统不仅像黑白电视系统那样能够传送景物的亮度信息，还要传送景物的色度信息。

1.2 三基色原理和混色法

1.2.1 三基色原理

实验证明，将红、绿、蓝三种色光投射到一个白色的屏幕上，调节三种色光的不同比例，几乎可以混合出自然界中所有的彩色。用来混色的三种单色光称为基色。用三基色可以混合成其他彩色的原理称为三基色原理。在电视技术中，以红（R）、绿（G）、蓝（B）为三基色，红光的波长取 700nm，绿光的波长取 546.1nm，蓝光的波长取 435.8nm。

三基色原理的主要内容有：

- 1) 自然界中的所有彩色几乎都可用三种基色按一定的比例混合而成；反之，任何彩色也可分解为比例不同的三种基色。
- 2) 三种基色必须是相互独立的，即任一基色不能由另外两种基色混合而成。
- 3) 用三基色混合成的彩色，其色调和色饱和度皆由三基色的比例决定。
- 4) 混合色的亮度等于参与混色的基色的亮度的总和。

三基色原理是彩色电视的重要理论基础。根据这一原理，要传送和重现自然界中的各种彩色，无需逐一去传送波长各异的各种彩色信号，这在实际上也是不可能的，而只要将各种彩色分解成不同比例的三基色，并只传送这三基色信号。在彩色重现时将这比例不同的三基色信号相加混色，即可产生与被传送对象相同彩色的视觉效果。

1.2.2 混色法

彩色电视重现景物的彩色，通常是靠彩色显像管荧光屏上的三种荧光粉在电子束轰击下发出各自的基色光而完成的，即它们分别发出红、绿、蓝三种基色光，并混合成彩色图像，这三种基色称为显像三基色。

利用三基色按不同的比例混合来获得彩色的方法称为混色法。彩色显像管之所以能够显示出各种各样的丰富多彩的彩色是利用了三基色的混色原理。彩色显像管中的荧光粉粒本身是发光体，它的混色规律是遵从相加混色法，即以彩色光的互相叠加来实现混色产生另一种新的彩色光。相加混色法的混色规律可用图 1-3 表示，由图可见，以等量的红、绿、蓝三基色光进行相加混色效果如下：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。

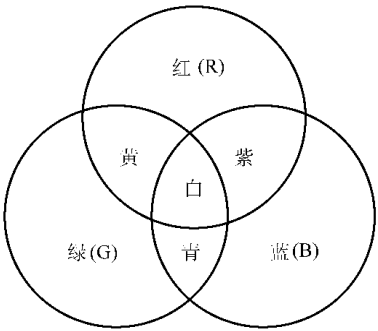


图 1-3 相加混色

实现相加混色的方法，除了用三种基色光同时投射到白色屏幕上以合成各种不同彩色的直接相加混色法外，还可以利用人眼的视觉特性关系进行间接混色。例如，在同一屏幕上轮流用红色光与绿色光照射，在红、绿色光交替交换频率不高时，人眼还感觉到红与绿交替出现，当交替频率提高到某一临界值以上时，由于人眼视觉

有惰性，不再感觉到红与绿的交替而产生黄色的感觉，达到混色的效果，这就是“时间混色法”。最初的顺序制彩色电视就应用了这一混色效果。又如在屏幕上很细小的红点与绿点均匀间置互相靠得很近，由于人眼视觉的分辨力有限，只有在很近的距离仔细观看才能区分出来，当观看距离远时，就只感觉到黄色的一片了，达到混色的效果，这就是“空间混色法”。目前广泛使用的彩色显像管就是利用这样的空间混色视觉效果。

1.2.3 人眼的视觉特性

1. 视觉灵敏度

人眼在明亮的环境下，不但可以看清物体的形状，而且还能辨别物体的颜色。在昏暗的环境下却只能分辨物体的形状、轮廓而不能分辨物体的颜色。这是由于在人眼视网膜上有两种不同的光敏细胞：杆状细胞和锥状细胞。杆状细胞感光灵敏度较高，在光线较暗的条件下起作用，可以识别物体的形状和轮廓，但无法清楚地识别物体颜色。另一种称为锥状细胞，它们的感光灵敏度较低，只有在光线明亮的条件下才起作用，但它们具有辨别颜色的能力。根据实验证明：锥状细胞有三种，分别对红、绿、蓝三种波长的光敏感。

在日常生活中，有的人为色盲，这种人的眼睛可以看清物体的形状，识别物体的大小但却不能分辨物体的颜色，就像正常人看黑白电视图像一样没有彩色，就是由于这种人视网膜上锥状细胞较少或发育不健全所引起的。事实上全色盲的人是很少的，还有一些是单色盲的人，如红、绿或蓝色盲。这些人只对某一基色或由这种基色形成的彩色失去了辨色能力；锥状细胞对可见光的敏感度曲线如图 1-4 所示。由图可知，三条曲线的最大值分别在 580nm（红）、540nm（绿）与 440nm（蓝）的光谱区域内。以上分析说明了视网膜两种光敏细胞分别有辨形和辨色功能，它们对光的敏感度不同。

虽然锥状细胞只有三种，可是人眼可以感觉到的彩色光的种类却五彩缤纷，千变万化，从人眼锥状细胞光敏曲线图中可以看出，三条光敏曲线互相重叠，各种波长的光或处于其中一条曲线下，或同时处于两条、三条曲线之下。当任何一束光射入人眼时，三种锥状光敏细胞就会产生不同的反应。例如：一束 590nm 的光射入人眼，既能刺激红光敏细胞，又能刺激绿光敏细胞，使人感觉为黄颜色的光。同样，如果 580nm 的红光与 540nm 的绿光同时射入人眼，那么红光敏细胞与绿光敏细胞同时受到刺激，使人也感觉为黄颜色的光。实验还证实当三种色觉细胞同时接受红、绿、蓝三种光激发时，人将产生白色的色觉，即人眼的三种细胞也有混色效应，也就是所谓的生理相加混色法。改变三种基色的强度，混色结果的明亮程度将发生变化，在图 1-4 中三种色敏曲线的合成曲线是人眼视觉的亮度曲线。实验还得到如下结论：用强度相同的红、绿、蓝基色光混色产生 100% 的白光时，绿光 (G) 产生的强度占 59%，红光 (R) 产生的强度占 30%，蓝光 (B) 产生的光强度占 11%，用数学公式可表示为

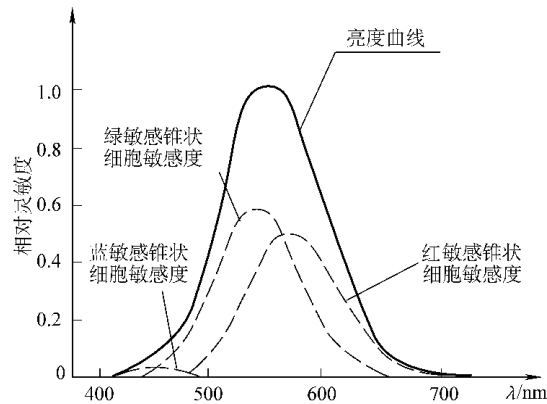


图 1-4 三基色相加混色的光敏曲线

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B$$

上式称为亮度方程，它说明了在彩色电视中如何获得景物色彩的亮度。式中 Y 表示亮度信号，它与黑白图像的亮度信号一样，都是反映图像的明暗程度。

根据以上分析可以得到两条重要的结论：一是复合光的亮度等于各光分量的亮度之和，二是人眼所看到的彩色光是不同光谱成份作用于眼睛的综合效果，不同波长的光会引起不同的彩色感觉，几种不同波长光谱成份的光混合后，可以得到与某一单一波长的光相同的彩色感觉。也就是说，眼睛只能有彩色的感觉，而不能区别刺激它的光谱成份。这样在彩色电视传送与重现彩色时，只要求重现原景物的彩色感，不要求恢复原来的光谱。并不必考虑所重现的彩色光谱成份与原景物彩色的光谱成份是否相同。

2. 视觉对彩色图案的分辨力

由于人眼锥状细胞比杆状细胞少得多，因此人眼的辨色能力相对来说是比较差的，人眼对彩色图像细节分辨能力比对黑白图像细节分辨能力低。这种辨色的局限性表现于两方面，一方面是在光线较暗的环境中人眼不能辨色，看到的只是黑白图像。另一方面，人眼对彩色图像细节的分辨力较差，如果在一定距离的条件下可以分辨白底上两个相距 1nm 的黑色图案的细节，那么在同样条件下，只能分辨出相距 2.5nm 的红色衬底下的绿色细节部分，或分辨出相距 5nm 的蓝色衬底下的绿色细节部分。如果彩色图像之间的距离小于上述尺寸，将看不出各细节有颜色的差别。人们看单色（全红或全黄等）图像时，总觉得不如看黑白图像轮廓鲜明。眼睛的这两点辨色特性很重要，第一点说明制作彩色电视时要有足够的亮度，第二点说明彩色图像细节传送与否影响不大。

彩色电视机是为人类服务的。因此，人眼的视觉特性是决定彩色电视机的基本组成的关键。在黑白电视理论中，基于人眼对黑白图像（即亮度）的分辨能力，确定了电视机水平与垂直分辨力的标准，将视频信号的带宽确定为 6MHz 。

由于人眼的辨色能力差，传送彩色信号的清晰度要求较低。当传送的彩色信号频率较高（大于 1.5MHz ），彩色电视接收机荧光屏上重现的色点直径很小时，人眼已不能分辨其是否有彩色，也就是说，人眼对于很小的物体是色盲。人眼的这一特性使彩色电视技术把彩色信息的传送压缩到 $0\sim 1.5\text{MHz}$ 的范围以内，因此对所需电视技术要求相对降低了许多。若用 1MHz 的频带宽度传送色度信号，统计数据表明有 88% 正常视力的人对其图像已经满意，这就是说他们感觉不出其与实际图像色彩有什么区别；而当用 1.3MHz 频带宽度传送时，几乎所有参加评审的人对呈现的画面色彩都感到满意。试验结果表明：传送色度信号的频带宽度只需 1.3MHz 就能满足人们收视彩色电视的要求。

1.3 思考与练习题

1. 彩色的三要素是什么？它们各由什么决定？
2. 三基色原理的主要内容是什么？彩色电视以哪三种色为基色？三基色的补色是什么？
3. 相加混色法有哪几种？
4. 色饱和度的含义是什么？
5. 填空：
(1) 人眼能看见的光的波长约为 () $\sim$ ()。

- (2) 亮度方程的表达式是： $Y = (\quad)$ ，它说明了在彩色电视中如何获得
($\quad$)。式中 Y 表示 ($\quad$) 信号。
- (3) 某色光中若色饱和度为 50%，则红色光的强度占 ($\quad$)%，蓝色光的强度占
($\quad$)%，绿色光的强度占 ($\quad$)%，白色光的强度占 ($\quad$)%。
- (4) 从理论上讲，利用三基色混合能合成 ($\quad$) 种颜色。
- (5) 某电视机整幅图像呈黄颜色，这是图像中缺少 ($\quad$) 颜色，图像偏紫是缺少
($\quad$) 颜色。
- (6) 由于人眼的辨色能力差，传送色度信号的频带宽度只需 ($\quad$) MHz 就能满足人们收视彩色电视的要求。