



全国高等职业教育规划教材

# 数字平板电视技术

主 编 朱胜泉

副主编 王用伦



电子课件下载网址 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

全国高等职业教育规划教材

# 数字平板电视技术

主 编 朱胜泉

副主编 王用伦

参 编 董 亮 孙裕稳 屈涌杰

机 械 工 业 出 版 社

本书介绍了彩色电视的基本原理、数字电视基础、液晶显示屏和等离子显示屏,平板电视的接口与格式变换、电视机驱动板电路、电视机软件、开关电源、逆变器和液晶电视的维修等内容。每章后面都有习题,实用性强的章后面都有相应实验。

本书可作为高职高专院校电子类专业的电视课程用书,也可作为中专同类专业的教材,还可供从事电视技术的工程技术人员参考。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 1239258369, 电话: 010-88379739)。

## 图书在版编目(CIP)数据

数字平板电视技术/朱胜泉主编. —北京:机械工业出版社, 2011.3  
全国高等职业教育规划教材  
ISBN 978-7-111-33394-4

I. ①数… II. ①朱… III. ①数字电视: 平板电视-电视接收机-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TN949.197

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第020285号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王颖 版式设计:霍永明

责任校对:李锦莉 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2011年5月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·21.25印张·523千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-33394-4

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

## 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近 60 所高等职业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”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“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。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,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。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

机械工业出版社

# 前 言

随着数字电子技术和大规模集成电路的飞速发展,电视的图像和伴音的数字处理技术也随之得到了突飞猛进的发展,现在市场上销售的电视机,对图像都是进行数字方式处理。因此它们都是多制式、多接口、多功能。其区别是接收模拟射频信号的电视机在高频解调后即进行模数变换,然后由数字处理芯片进行数字处理;而接收数字射频信号的电视机在高频解调后,输出的是 TS 流,直接送入数字处理芯片进行数字处理。书中全面介绍了液晶屏、驱动板、开关电源板的代换方法和注意事项,读者学完本书后不仅能掌握平板电视的原理,还具有一定的维修技能,能自己动手装配液晶电视机。

本书在取材上充分考虑了从事电视机生产、维修的技术人员的实际需要,大大精简了理论的阐述,仅仅将彩色电视机和数字电视原理各作为一章,改变了以前书中将原理作为主要内容的写法。这是因为随着大规模集成电路和数字化技术的突飞猛进,这些原理所涉及的技术,都集成到一个芯片内,只有从事电视图像数字处理芯片设计的工程师才用得上。所以本书重点阐述的是电视的新技术、电子线路的分析、集成芯片的应用、电视机软件的使用、电视机的维修,弱化了理论,强化了应用。

现代平板电视机由两部分组成,第 1 部分是屏,它包括屏模组和屏电路,故障概率小,本书只作原理性介绍。第 2 部分是电视驱动板和电源,故障概率大,且与实际使用紧密相连,在书内作了详尽的论述。

考虑到目前等离子电视的占有率很低,所以本书以液晶电视为主,兼顾等离子电视。因为它们两者的电视驱动板基本是相同的,只是屏和软件有区别。为此只简要介绍了等离子电视原理和等离子显示屏。

本书以 NT68565 液晶电视为例,详尽介绍了它的电路工作原理,提供了整套电路图。软件这一章由液晶电视的软件工程师董亮撰写,从实际应用角度出发,对软件进行论述,简要介绍了电视软件的原理;并告诉了读者更换不同屏时,如何改写软件,生成新的目标程序,写到电视驱动板芯片内。并配了相应的实训,使读者具有用同一块电视驱动板配不同尺寸和不同厂家液晶显示屏的技能。

NT68565 液晶电视机采用解码芯片+缩放芯片+微处理器 3 个芯片分开的方案,没有采用三者合一的单芯片方案,这样利于读者理解和学习。这是一款较为有代表性的液晶电视机。学完本书后,读者可以很快熟悉各种家用平板电视机的基本原理。本书在编写和实训验证中,得到了深圳创能达电子科技公司和重庆鸿岚科技有限公司的大力支持,感谢他们提供的实验箱和电视机软件。

本书由朱胜泉任主编,王用伦任副主编,董亮、孙裕稳、屈涌杰参编。内容丰富、资料新颖、深入浅出,部分章节可作为选讲,或由学生自学。建议参考学时数为 80 学时,其中实验不少于 12 学时。

由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

V

# 全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐  
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 尹立贤 | 王用伦 | 王树忠 | 王新新 | 邓 红 | 任艳君 |
| 刘 松 | 刘 勇 | 华天京 | 吉雪峰 | 孙学耕 | 孙津平 |
| 朱咏梅 | 朱晓红 | 齐 虹 | 张静之 | 李菊芳 | 杨打生 |
| 杨国华 | 汪赵强 | 陈子聪 | 陈必群 | 陈晓文 | 季顺宁 |
| 罗厚军 | 姚建永 | 钮文良 | 聂开俊 | 袁 勇 | 袁启昌 |
| 郭 勇 | 郭 兵 | 郭雄艺 | 高 健 | 崔金辉 | 曹 毅 |
| 章大钧 | 黄永定 | 曾晓宏 | 蔡建军 | 谭克清 |     |

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

# 目 录

出版说明

前言

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 第 1 章 电视基本原理 .....                    | 1  |
| 1.1 彩色与视觉特性 .....                     | 1  |
| 1.1.1 可见光的特性 .....                    | 1  |
| 1.1.2 人眼的视觉特性 .....                   | 3  |
| 1.1.3 色度学概念 .....                     | 5  |
| 1.2 电视图像信号的产生与发射 .....                | 11 |
| 1.2.1 电视图像信号的产生 .....                 | 11 |
| 1.2.2 图像的基本参数 .....                   | 13 |
| 1.2.3 黑白全电视信号的组成 .....                | 14 |
| 1.2.4 模拟电视信号的发射 .....                 | 16 |
| 1.3 彩色电视信号的制式 .....                   | 18 |
| 1.3.1 彩色电视信号的兼容问题 .....               | 18 |
| 1.3.2 彩色电视的色差处理方式 .....               | 20 |
| 1.3.3 彩色电视制式 .....                    | 24 |
| 1.4 习题 .....                          | 26 |
| 第 2 章 数字电视基础 .....                    | 28 |
| 2.1 数字电视组成及标清和高清电视的标准 .....           | 28 |
| 2.1.1 数字电视系统的组成 .....                 | 28 |
| 2.1.2 模拟电视信号的数字化 .....                | 29 |
| 2.1.3 标清 (SDTV) 和高清 (HDTV) 电视标准 ..... | 34 |
| 2.2 电视图像信号压缩编码原理及方法 .....             | 37 |
| 2.2.1 压缩编码的基础 .....                   | 38 |
| 2.2.2 压缩编码的方法 .....                   | 40 |
| 2.2.3 信源编码的国际标准 .....                 | 43 |
| 2.3 数字信号传输的信道编码 .....                 | 48 |
| 2.3.1 信道编码基础 .....                    | 49 |
| 2.3.2 能量扩散 .....                      | 51 |
| 2.3.3 信道编码的方法 .....                   | 51 |
| 2.4 数字调制技术 .....                      | 55 |
| 2.4.1 概述 .....                        | 56 |
| 2.4.2 四相移相键控 .....                    | 57 |
| 2.4.3 正交幅度调制 .....                    | 57 |
| 2.4.4 残留边带调制 .....                    | 59 |
| 2.4.5 正交频分复用调制 .....                  | 59 |

|            |                            |            |
|------------|----------------------------|------------|
| 2.4.6      | 字节到符号映射 .....              | 63         |
| 2.4.7      | 频谱利用系数及带宽的分析 .....         | 64         |
| 2.5        | 数字电视标准 .....               | 65         |
| 2.5.1      | 数字电视标准概述 .....             | 65         |
| 2.5.2      | 数字有线电视标准 .....             | 66         |
| 2.5.3      | 地面数字电视标准 .....             | 67         |
| 2.5.4      | 直播卫星电视标准 .....             | 70         |
| 2.6        | 数字音频压缩技术 .....             | 71         |
| 2.6.1      | 人耳的听觉特性 .....              | 71         |
| 2.6.2      | MPEG 的音频压缩技术 .....         | 73         |
| 2.6.3      | MUSICAM 的音频压缩技术 .....      | 74         |
| 2.6.4      | AC-3 的音频压缩技术 .....         | 75         |
| 2.7        | 习题 .....                   | 76         |
| <b>第3章</b> | <b>彩色电视机液晶显示屏 .....</b>    | <b>78</b>  |
| 3.1        | 液晶基础知识和彩色液晶屏的结构 .....      | 78         |
| 3.1.1      | 液晶的基本概念 .....              | 78         |
| 3.1.2      | 液晶显示屏模组结构 .....            | 79         |
| 3.1.3      | 液晶显示屏的光学系统 .....           | 84         |
| 3.2        | 液晶屏内部电路组成及 IC 概述 .....     | 85         |
| 3.2.1      | 屏电路的组成 .....               | 85         |
| 3.2.2      | 逻辑板 .....                  | 86         |
| 3.2.3      | 列驱动板及排线 .....              | 88         |
| 3.2.4      | 行驱动板及排线 .....              | 92         |
| 3.2.5      | $\gamma$ 校正原理及方法 .....     | 94         |
| 3.3        | 液晶屏的驱动特性 .....             | 97         |
| 3.3.1      | 液晶屏的各种极性变换方式 .....         | 97         |
| 3.3.2      | 屏电容与驱动特性的关系 .....          | 97         |
| 3.4        | 液晶屏的主要技术指标与新技术 .....       | 103        |
| 3.4.1      | 主要技术指标 .....               | 103        |
| 3.4.2      | 背光源的改进 .....               | 104        |
| 3.4.3      | 加快响应速度技术 .....             | 105        |
| 3.4.4      | 液晶电视机的其他性能改进 .....         | 107        |
| 3.5        | 实验1 液晶电视的基本操作和电路板的拆装 ..... | 109        |
| 3.6        | 习题 .....                   | 111        |
| <b>第4章</b> | <b>彩色电视机等离子显示屏 .....</b>   | <b>112</b> |
| 4.1        | 等离子显示屏的基本原理 .....          | 112        |
| 4.1.1      | PDP 屏的结构 .....             | 112        |
| 4.1.2      | 灰度等级实现原理——子场驱动法 .....      | 113        |
| 4.1.3      | 基本单元(像元)的工作过程 .....        | 115        |
| 4.1.4      | 高压驱动电路 .....               | 117        |
| 4.1.5      | 子场驱动技术的改进 .....            | 120        |

|              |                                  |            |
|--------------|----------------------------------|------------|
| 4.2          | 等离子显示器内部电路简介                     | 121        |
| 4.2.1        | 显示器电路的组成                         | 121        |
| 4.2.2        | 日立 PDP 屏简介                       | 122        |
| 4.3          | 等离子显示屏的主要技术参数                    | 125        |
| 4.3.1        | 输出参数                             | 125        |
| 4.3.2        | 品质参数                             | 127        |
| 4.3.3        | 可靠性                              | 128        |
| 4.3.4        | 电气参数                             | 128        |
| 4.4          | 习题                               | 128        |
| <b>第 5 章</b> | <b>平板电视机的接口与格式变换</b>             | <b>130</b> |
| 5.1          | 平板电视机驱动板的输出接口                    | 130        |
| 5.1.1        | TTL 接口                           | 130        |
| 5.1.2        | LVDS 接口                          | 131        |
| 5.1.3        | RSDS 接口                          | 135        |
| 5.1.4        | mini-LVDS 接口                     | 136        |
| 5.2          | 平板电视机驱动板的输入接口                    | 137        |
| 5.2.1        | 模拟信号接口                           | 137        |
| 5.2.2        | 数字信号接口                           | 139        |
| 5.3          | I <sup>2</sup> C 总线原理及电视机中存储器的使用 | 143        |
| 5.3.1        | I <sup>2</sup> C 总线的工作原理         | 143        |
| 5.3.2        | 平板电视机内的 I <sup>2</sup> C 总线      | 144        |
| 5.3.3        | 存储器的容量扩展                         | 146        |
| 5.3.4        | 平板电视机中的存储器                       | 147        |
| 5.4          | 电视信号的格式变换                        | 150        |
| 5.4.1        | 图像格式                             | 150        |
| 5.4.2        | 格式变换                             | 150        |
| 5.4.3        | 彩色空间变换 (CSC)                     | 151        |
| 5.4.4        | 缩放处理 (Scale)                     | 154        |
| 5.4.5        | 电影模式处理                           | 155        |
| 5.5          | 实验 2 LVDS 屏线制作                   | 156        |
| 5.6          | 习题                               | 158        |
| <b>第 6 章</b> | <b>平板电视机驱动板电路</b>                | <b>160</b> |
| 6.1          | 驱动板电路原理                          | 160        |
| 6.1.1        | 电视接收系统                           | 161        |
| 6.1.2        | 模拟电视驱动板电路原理                      | 161        |
| 6.1.3        | 数字电视接收机原理                        | 162        |
| 6.2          | 液晶电视机电路简介                        | 163        |
| 6.2.1        | 主要技术指标                           | 164        |
| 6.2.2        | 电视机实验箱简介                         | 164        |
| 6.2.3        | 鸿岚液晶电视驱动板工作原理                    | 165        |
| 6.2.4        | 电源管理                             | 167        |

|            |                               |            |
|------------|-------------------------------|------------|
| 6.3        | 调谐器和解码芯片及缩放处理芯片               | 168        |
| 6.3.1      | 频率合成式高频调谐器 ET-5C11            | 168        |
| 6.3.2      | 解码芯片 LA76818                  | 171        |
| 6.3.3      | 缩放处理芯片 NT68565                | 175        |
| 6.4        | 微控器和电子切换开关及伴音功放芯片             | 181        |
| 6.4.1      | 微控器 (NT68F633) 简介             | 181        |
| 6.4.2      | 电子切换开关                        | 184        |
| 6.4.3      | 伴音功放芯片 TDA7496                | 186        |
| 6.5        | 实验                            | 187        |
| 6.5.1      | 实验3 液晶电视机电路图的读图训练             | 187        |
| 6.5.2      | 实验4 工厂菜单的调试                   | 188        |
| 6.5.3      | 实验5 电视驱动板关键点电压值和波形的测量         | 191        |
| 6.6        | 习题                            | 192        |
| <b>第7章</b> | <b>平板电视机软件</b>                | <b>194</b> |
| 7.1        | 电视机软件概论                       | 194        |
| 7.1.1      | 电视机软件的主要架构                    | 195        |
| 7.1.2      | 电视机软件的系统模块                    | 196        |
| 7.2        | 开发平台 Keil C51 简介              | 203        |
| 7.2.1      | Keil C51 $\mu$ Vision2 集成开发环境 | 203        |
| 7.2.2      | Keil C51 软件开发流程和主要组件功能        | 204        |
| 7.2.3      | Keil C51 软件的使用                | 206        |
| 7.3        | NT68565 液晶电视机软件               | 213        |
| 7.3.1      | 软件各模块的功能                      | 213        |
| 7.3.2      | main. c/main. h 程序介绍          | 214        |
| 7.3.3      | Panel. c/Panel. h 程序介绍        | 217        |
| 7.3.4      | 电视机软件升级原理和方法                  | 219        |
| 7.4        | 实验                            | 220        |
| 7.4.1      | 实验6 用 Keil C51 改写和重新编译电视机软件   | 220        |
| 7.4.2      | 实验7 液晶电视机软件升级方法               | 221        |
| 7.5        | 习题                            | 224        |
| <b>第8章</b> | <b>液晶电视机的开关电源</b>             | <b>225</b> |
| 8.1        | 开关稳压电源的工作原理                   | 226        |
| 8.1.1      | 开关电源工作原理概述                    | 226        |
| 8.1.2      | 开关电源的基本组成                     | 226        |
| 8.1.3      | PWM 控制模式及其特点                  | 227        |
| 8.1.4      | 开关电源的主要技术指标                   | 228        |
| 8.2        | 开关电源中的主要元器件                   | 230        |
| 8.2.1      | 功率开关                          | 230        |
| 8.2.2      | 高频整流管                         | 232        |
| 8.2.3      | 开关电源中的其他元器件                   | 234        |
| 8.3        | 进线滤波器和有源功率因数校正电路              | 238        |

|              |                        |            |
|--------------|------------------------|------------|
| 8.3.1        | 进线滤波器                  | 238        |
| 8.3.2        | 有源功率因数校正电路             | 239        |
| 8.3.3        | 实际的功率因数校正电路            | 242        |
| 8.4          | 液晶电视机的开关稳压电源           | 243        |
| 8.4.1        | 主要技术指标                 | 243        |
| 8.4.2        | 稳压电源的组成                | 244        |
| 8.4.3        | 集成芯片介绍                 | 245        |
| 8.4.4        | 200W 液晶电视机开关稳压电源电路原理   | 248        |
| 8.4.5        | 开关电源的维修                | 249        |
| 8.5          | 液晶屏的背光灯电源              | 252        |
| 8.5.1        | CCFL 背光灯的特性            | 252        |
| 8.5.2        | CCFL 背光灯的 DC/AC 电路     | 254        |
| 8.5.3        | 60W 4 灯 CCFL 逆变器       | 258        |
| 8.5.4        | EEFL 背光灯简介             | 261        |
| 8.5.5        | LED 背光灯简介              | 262        |
| 8.6          | 液晶屏的逻辑板电源电路            | 264        |
| 8.6.1        | DC/DC 变换 IC-MAX8728 简介 | 265        |
| 8.6.2        | 中华屏逻辑板电源电路             | 268        |
| 8.6.3        | 逻辑板电源故障的排除             | 271        |
| 8.6.4        | 32in 中华屏逻辑板电源电路图       | 273        |
| 8.7          | 实验 8 开关电源和逆变器实验        | 273        |
| 8.8          | 习题                     | 274        |
| <b>第 9 章</b> | <b>平板电视机的维修</b>        | <b>275</b> |
| 9.1          | 平板电视机特殊元器件的识别与检测       | 275        |
| 9.1.1        | 贴片电阻、电容和电感的识别          | 276        |
| 9.1.2        | 二极管的识别与检测              | 279        |
| 9.1.3        | 贴片晶体管和贴片场效应晶体管         | 282        |
| 9.1.4        | 液晶电视机集成电路的识别与检测        | 283        |
| 9.2          | 液晶电视机维修方法和维修工具及仪器      | 286        |
| 9.2.1        | 液晶电视机的维修步骤             | 286        |
| 9.2.2        | 液晶电视机常用维修方法            | 287        |
| 9.2.3        | 液晶电视机维修注意事项            | 290        |
| 9.2.4        | 液晶电视机维修工具及仪器           | 291        |
| 9.3          | 液晶电视机维修中电路板的代换         | 296        |
| 9.3.1        | 开关电源板的代换               | 296        |
| 9.3.2        | CCFL 逆变器板的代换           | 296        |
| 9.3.3        | 液晶屏的代换                 | 297        |
| 9.3.4        | 电视机驱动板的代换              | 300        |
| 9.4          | 液晶电视机的维修               | 301        |
| 9.4.1        | 液晶电视机的维修基础             | 301        |
| 9.4.2        | 液晶电视机故障分析              | 301        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 9.4.3 总线故障分析·····                 | 305        |
| 9.4.4 液晶屏故障分析·····                | 306        |
| 9.4.5 NT68565 鸿岚液晶电视机的维修·····     | 308        |
| 9.5 实验9 液晶电视机故障的排除·····           | 310        |
| 9.6 综合实验 液晶电视机的装机·····            | 310        |
| 9.7 习题·····                       | 312        |
| <b>附录一 数字电视机平板显示器的测试图形·····</b>   | <b>313</b> |
| 附录 A SDTV 复合测试图各部分的含义·····        | 313        |
| 附录 B HDTV 复合测试图各部分的含义·····        | 314        |
| <b>附录二 NT68565 液晶电视电路原理图·····</b> | <b>316</b> |
| <b>参考文献·····</b>                  | <b>326</b> |

# 第 1 章 电视基本原理

## 【本章要点】

- 可见光谱和物体的颜色
- 三基色原理和彩色三要素
- 人眼对亮度和色度的视觉特性以及亮度方程
- 电视信号的形成及黑白电视图像信号的主要参数
- 伴音信号、亮度信号、色差信号在高频调制方式上区别和原因
- 电视发射机的组成及各部分作用
- 3 大模拟彩色电视制式的区别

电视能通过图像和伴音，及时准确形象地展现出社会生活方方面面的信息，极具娱乐性，深受大众欢迎。我国第一台黑白电视机诞生于 1958 年 3 月，国外 20 世纪 40 年代就开始了黑白电视广播。科学家柏兰克最早提出了三基色信号影像的传送理论，其后科学家贝尔德成功地传送了彩色图像，并于 1946 年 6 月成功发明了彩色电视机。20 世纪 60 年代，彩色电视逐渐普及。现在已进入了数字电视时代。本章就彩色电视的基本原理进行简要介绍。

## 1.1 彩色与视觉特性

### 1.1.1 可见光的特性

#### 1. 可见光谱

由光学理论可知，光是以电磁波形式存在的物质。电磁波的波长范围很广，其中最短的是宇宙射线，波长只有  $10 \sim 17\text{nm}$ ，最长的是无线电波，波长可达数千米。波长在  $380 \sim 780\text{nm}$  范围内的电磁波能够引起人眼的视觉反映，称为可见光。可见光在整个电磁波谱中只占一小段，如图 1-1 所示。

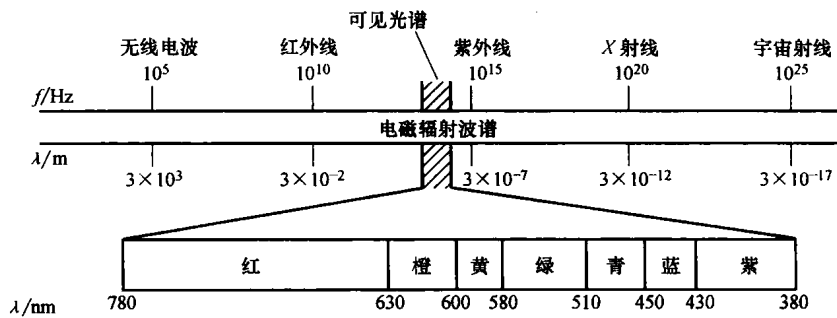


图 1-1 电磁辐射波谱

不同波长的可见光射入人眼后可引起不同的色感。例如，波长为 400nm 的光给人以紫色的感觉，而波长为 700nm 的光则给人以红色的感觉。由图 1-1 可知，可见光谱的波长由 780nm 向 380nm 变化时，依次呈现红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 种色带。每一种色带都有一个大致波长范围，可见光谱对色感呈单一的对对应关系。这种一定波长的光谱呈现的颜色称为光谱色。但反过来，色感对光谱的对应关系不是唯一的。光谱完全不同的光，可使人有相同的色感。如用波长为 540nm 的绿光和 700nm 的红光按一定比例混合，同时作用于人眼，可以得到 580nm 的黄光色感。人眼是不能分辨单色黄光和由红、绿两光混合所得复合黄光的差别的，这种由不同光谱混合出相同色光的现象称为同色异谱。

与人类日常生活息息相关的太阳光给人以白色光感觉，通过棱镜可分解为红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等 7 种色带。由此可知，太阳光谱包含全部可见光谱，白色光是一种复合光，由 7 种色光复合而成。

## 2. 物体的颜色

一般物体可分为发光体与非发光体两大类。发光体的颜色由它所发出的光谱所确定，除了太阳有它的光谱色外，其他的发光体，如白炽灯、荧光灯、电视荧光屏等也都有其特定的光谱色。

不发光物体呈现的颜色与照射光的光谱和不发光物体对照射光的反射、透射特性有关。例如，红花能反射太阳光中的红色光而吸收其他颜色的光，因而呈红色；绿叶能反射绿色的光而吸收其他颜色的光，因而呈绿色；白云能反射全部太阳光，因而呈白色；黑炭能吸收全部太阳光，因而呈黑色。这种由照射光谱和物体反射或透射光谱确定的物体颜色称为物体色。由于自然界各种物体吸收和反射太阳光中波长各异的光，所以就构成了五彩缤纷、绚丽多彩的彩色世界。

如果照射物体的不是太阳光，那么，物体的颜色就要变样。例如，在太阳光下呈绿色的树叶，拿到红光下观察，就变成了黑色。这是因为红光源中没有绿色成分，树叶吸收了全部红光，所以呈黑色。

## 3. 标准光源——色温

由上所述，光源不同，物体颜色就各异。在彩色电视系统中，选用白光作为照明光源，但白光光源因照明条件差别而有不同的光谱特性，为了统一标准，用色温来表征光辐射体的光谱性能。色温指的是光波在不同的长度下，人类眼睛所感受的颜色变化。在色温的计算上，是以“开尔文”（符号 K，Kelvin）为单位，黑体辐射的 0°Kelvin = 摄氏 + 273℃ 作为计算起点的。将黑体加热，随着能量的提高，便会进入可见光的领域。例如，在 2800°K 时，发出的色光和灯泡相同，便称灯泡的色温是 2800°K。可见，光领域的色温变化是由低色温至高色温，即由橙红→白→蓝。

在显示器中常见的色温有 5000K、6500K、9300K 等。色温越高，颜色越偏蓝（冷色调）；而色温越低，颜色越偏红（暖色调）。目前的显示器都具备色温调节功能，可由用户自己选择色温值；也有的是给出一个色温范围，可以无级调节。我国的景色一年四季平均色温约在 8000 ~ 9500K 之间，因此电视台都以色温为 9300K 制作节目，以适应我国观众的习惯。但在欧美因为平时的色温和我国有差异，以一年四季平均色温约 6000K 为制作节目的参考值，所以在看那些外来片子时，就会发现 5600 ~ 6500K 最适合观看。当然，这种差异会使我们突然看到欧美计算机或电视屏幕时感觉色温偏红和偏暖，有些不大适应。大多数中

国人都更习惯将显示器的色温保持在 9300K，但也不是绝对的，应视自己对色温所展现图像的颜色喜好而定。

能自己发光的物体就是光源。显示器也是一种光源，对于在室内工作的计算机操作人员来说，它带来的视觉感受就是第 2 个“太阳”。选择合适的色温，会对提高工作效率起到事半功倍的作用。沉稳、恬静的人适合选择 6500 ~ 9000K 的色温，而热情奔放的人适于选用 4000 ~ 5600K 的色温。

### 1.1.2 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，它决定了物体所呈现的颜色。而人们感觉到光的颜色和亮度则是由人眼的生理结构特点造成的。人眼的视觉特性是电视技术得以形成和发展的一个重要基础。下面介绍人眼的视觉特性。

#### 1. 人眼的视觉灵敏度

实践证明，在可见光的光谱范围内，随着光波波长的改变，不仅给人的颜色感觉不同，而且亮度感觉也不同。例如，在等能量分布的光谱中，人眼感到最暗的是红光，其次是蓝光和紫光，而最亮的是黄绿色光。这就是说，人眼对不同波长光的灵敏度是不同的。

人眼的灵敏度因人而异，即使对同一个人，也会因年龄与健康状况不同而有所变化，因此只能采用统计灵敏度的方法（即用许多正常视力的观察者来做实验）取平均值。

国际照明委员会对人眼不同波长光的视觉灵敏度的分析数据表明，人对于  $\lambda = 555\text{nm}$  的黄绿光，亮度感觉最强；对于其余波长的光，亮度感觉减弱；而当  $\lambda < 400\text{nm}$  或  $\lambda > 760\text{nm}$  时，人眼已没有亮度感觉。

#### 2. 人眼的彩色视觉

由人类生理解剖学已知，在人眼视网膜里存在着大量的光敏细胞，光敏细胞按其形状分为杆状和锥状两种。杆状细胞灵敏度极高，但它对彩色不敏感，人的夜间视觉主要靠它起作用。因此，在暗处只能看到黑白形象而无法辨别颜色。锥状细胞既可辨别光的强弱，又可辨别颜色，白天视觉主要靠它起作用。锥状细胞又可分成 3 类，分别称为红敏细胞、绿敏细胞、蓝敏细胞。如果当一束光线只能引起某一种光敏细胞的兴奋，而另两种光敏细胞仅有很微弱的刺激或无刺激时，人们感觉到的便是红、绿、蓝中的某一种色光。如果 3 种光敏细胞都被引起同等程度的兴奋，人们感觉到的便是白光了。显然，随着这 3 种光敏细胞所受到的光刺激的差异，人们便会产生各种各样的彩色感觉。

#### 3. 人眼的分辨力

设在一块白色的屏幕上有两个相距很近的黑点，当观察者离开一定距离观看时，便分辨不出有两个黑点存在，只感觉到是连在一起的一个黑点。这一现象说明，人眼对分辨景物细节的能力有一极限，这种分辨细节的能力称为人眼的分辨力。对于正常视力的人，在中等亮度情况下，观看静止图像时，视敏角  $\theta$  为  $1' \sim 1.5'$ 。根据图 1-2 所示可求出对应的屏幕扫描线数。用  $L$  表示眼睛与图像之间的距离， $d$  表示两线间距离， $m$  表示线数，则屏幕高度  $H = md$ ，

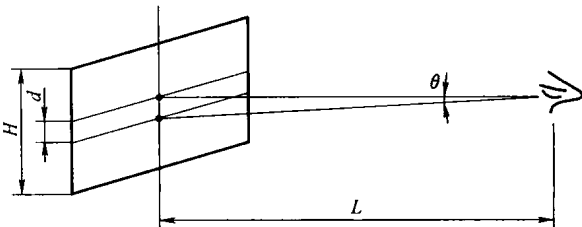


图 1-2 人眼的分辨力

根据图示几何关系，得到：

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{d}{2L}$$

当视角  $\theta$  很小时，近似有

$$\frac{\theta}{2} \approx \frac{d}{2L} \quad \text{或} \quad \theta \approx \frac{d}{L}$$

上式以弧度 (rad) 为单位， $1\text{rad} = 3438'$ 。人眼的最小视角  $\theta$  取决于相邻两个视敏细胞之间的距离。最佳观看距离  $L$  为画面高度  $H$  的 5 倍，即  $L = 5H$ ，又  $H = md$ ，将其与视敏角  $\theta = 1.5'$  一起代入上式后，则为

$$m = \frac{3438 \times H}{L\theta} = 458 \text{ 线}$$

上式说明，当 458 线时，即可达到两个视敏细胞之间夹角  $\theta = 1.5'$  的要求，在电视技术中就是根据此值来决定扫描行数的，即水平清晰度因屏幕的宽高比是 4:3，同理可推出为 610 线。但是当扫描电子束光点尺寸小到与实物细节或图像细节光点尺寸相同和相近时，会造成对应尺寸的图像细节模糊的现象，也就是图像清晰度受电子束孔径（直径）的大小限制。这种现象既存在于摄像过程中，又存在于显像过程中，即孔阑效应。孔阑效应使清晰度下降到原来的 0.75。为了保持原来算出满足人眼最低要求的清晰度，最后取  $720 \times 625$ 。以上是在设计显像管电视时的分析。人眼对扫描线区分大于 458 线，高清平板电视采用 1080 线。

人眼对彩色细节的分辨力比对黑白细节的分辨力低得多。比如，人眼对某相隔一定距离的黑白相间条纹刚能分辨出其明暗差别，若将其换成不同颜色的相间条纹再由人眼判断，人眼则会分辨不出条纹，而感知它们综合给出的某种颜色。如果用红绿相间的同等宽度条纹替换它们，人眼就分辨不出红绿之间的差别，而会感觉一片黄色。统计分析结果表明，人眼对彩色细节的分辨力是对黑白细节分辨力的  $1/3 \sim 1/5$ 。因此，在彩色电视系统传输彩色电视信号时，以较宽的带宽 ( $0 \sim 6\text{MHz}$ ) 传送图像的亮度信息，以窄得多的带宽（亮度信号带宽的  $1/3 \sim 1/5$ ）传送图像的色度信息。因此彩色电视在传送彩色图像时，不对细节部分传送彩色信息，而只传送黑白信息。这样可节省频带，这就是大面积着色原理的依据。

#### 4. 视觉惰性

实验证明，人眼的主观亮度感觉与客观实际亮度不是同步的。当一定强度的光突然作用于视网膜时，人眼不能在瞬间形成稳定的主观亮度感觉，这种亮度感觉近似按指数规律上升；当亮度突然消失后，人眼的亮度感觉也并不会立即消失，而是近似按指数规律下降。人眼的亮度感觉总是滞后于实际亮度的，这一特性称为视觉惰性或视觉暂留。

早在电视出现以前，电影技术就利用人的视觉惰性采用每秒钟换幅 24 次（每幅曝光两次）的办法，将一幅幅静止画面变成了活动的景象。同样，电视技术也利用人的视觉惰性来选择场频和帧频。

#### 5. 人眼彩色感觉的非单一性

虽然不同波长的单色光对人眼会引起不同的彩色感觉，但人眼相同的彩色感觉却可以来源于不同的光谱成分组合。例如，由适当比例的红光和绿光混合后，人眼可以产生与黄单色光相同的彩色感觉。又如，白色的日光是一种连续光谱，但也可以由红、绿、蓝 3 种不同波

长的单色光以适当比例混合而成。实验证明，几乎自然界中所有的彩色都能由3种基本彩色光混合配出，这即是三基色原理的依据和来源。

#### 6. 人眼对彩色感觉的空间混色和时间混色特性

人眼对彩色感觉的空间混色特性是指当人眼在适当距离外观看彼此间隔很近的不同色光的小单元组时，受视觉分辨力的限制而不能区分出不同颜色的光点，感觉到的是混合色的颜色效果。彩色显像管的荧光屏即是根据人眼的空间混色特性制成的。

人眼对彩色感觉的时间混色特性是人眼视觉暂留效应的结果。若在同一个位置轮流投射两种或两种以上的彩色光时，则当轮转换速度高到一定值后，人眼感觉到的是它们混合后的彩色。

除此之外，人眼还具有双眼混色特性，即当左、右两眼同时分别观看两种不同颜色的同一景象时，两束视神经给出的光刺激通过大脑综合给出混合色光的感觉。这时还具有立体感的特点。立体彩色电视就是利用此原理实现的。

### 1.1.3 色度学概念

#### 1. 彩色三要素

要定性地表征一种彩色光的特性，可以用亮度、色调及色饱和度这3个基本参量来描述，这3个基本参量称为彩色三要素。

亮度是指彩色光的明暗程度，即光线的强弱。亮度与彩色光的能量有关：彩色光所含能量越大，显得就越亮；反之，就越暗；彩色光的能量为0时，亮度也为0。物体的亮度由照射光和反射光的强度决定。在照射物体的光强度不变的条件下，物体的反射光越强，物体就越明亮；反之，物体就越暗。对同一物体而言，照射光越强，物体就越亮；反之，物体就越暗。

色调表示彩色的种类。例如红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，分别代表红色调、橙色调、黄色调、……色调由光的波长决定，不同波长的光呈现的色调不同。发光物体的色调决定于它的辐射光谱成分，而不发光物体的色调，则由该物体的吸收、反射或透射特性以及它的照明光源特性共同决定。

色饱和度是指彩色光所呈现的彩色的深浅程度。同一色调的彩色光，可给人以深浅程度不同的感觉，如深红、粉红就是饱和度不同的两种红色，深红色饱和度高，而粉红色饱和度较低。色饱和度与彩色光中所含白光的比例有关，白光的比例越大，饱和度越低。高饱和度的彩色光可用掺入的白光来冲淡，变成低饱和度彩色光。饱和度最高的称为纯色或称饱和色。光谱色光就是纯色光，其饱和度为100%。饱和度低于100%的彩色称为非饱和色，日常生活中所见到的大多数彩色是非饱和色。白光的饱和度为0。

色调与色饱和度合在一起统称为色度。它既说明彩色的种类，又说明彩色的深浅程度。

#### 2. 三基色原理

19世纪，人们通过实践发现，用3种不同颜色的单色光按一定比例混合，就可得到自然界中绝大多数的彩色。具有这种特性的3个单色光叫基色光，称这3种颜色为三基色(RGB)。并总结出三基色原理，其主要内容如下所述。

1) 自然界中绝大多数彩色，都可以分解为三基色；反之，用三基色按一定比例混合，可得到自然界中绝大多数彩色。