

北京邮电大学教材

彩色 电视 基础

孙景鳌 蔡安妮 著

RENMINYOUDIANCHUBANSHE

人民邮电出版社

北京邮电大学教材

彩色电视基础

孙景鳌 蔡安妮 著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书介绍了彩色电视原理及先进的数字电视和高清晰度电视技术。主要内容有:彩色与色度学,扫描与电视图像,图像信号的产生与接收,摄像与显像器件,磁录像与光录像;数字电视和高清晰度电视,其中包括彩色电视信号的数字化、数字编码与解码、图像信号的数据压缩、数字信号的传输及高清晰电视技术。

本书可作为大专院校有关专业的教材,也可作为从事电视广播、多媒体通信科研、工程技术、维修人员的技术参考书。

彩色电视基础

caise dianshi jichu

孙景鳌 蔡安妮 著

责任编辑 孙中臣

*

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同 111 号

北京顺义向阳胶印厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

开本:787×1092 1/16 1996 年 8 月第 1 版

印张:26 1996 年 8 月北京第 1 次印刷

字数:642 千字 印数:1— 6 000 册

ISBN7-115-06146-7/TN · 1084

定价:28.00 元

前 言

近十几年来,随着电子技术和大规模集成电路技术的发展,计算机、广播电视和通信这三个原来各自独立的领域,相互渗透、相互融合,形成了一门崭新的技术——多媒体。多媒体技术的应用与发展,又进一步加速了这三个领域的融合;使信息高速公路成为未来电视信号传输与通信技术发展的主要方向。将来,人们在家里通过计算机指令便可调出任何想看的电视节目,而不再是“你广播什么,我看什么”一种收看方式。与此相应地,彩色电视学也不再只是在大学里广播电视和图像专业的必修课;其它专业的学生,诸如通信、计算机、信息等,也需要学习、掌握必要的彩色电视知识。本书写作的意向在于努力适应这一发展与需要。

本书部分地保留了作者在《彩色电视技术》一书(上、下册,1973年)和《电视摄像机与视频处理》一书(1988年)所写的关于电视原理的最基本的内容。并结合多年来在教学、科研中的体会和累积的资料,力求最大限度地将电视技术的最新发展写入书中。

本书在内容的选取方面尽量兼顾大学教材和工程技术书两方面的特点,使本书既可作为大专院校有关专业的教材,又可供工程技术人员参考。

全书分为“彩色电视原理”与“数字电视和高清晰度电视”两部分,是分别侧重于作为本科教材和研究生教材的要求而写的。对于书中的内容作如下几点说明:(1)电子束摄像管至今还仍然在工业、军事、公安等领域中继续使用;在 HDTV 的研究中,人们还在探索将电子束扫描与 CCD 结合起来;而许多 80 年代以后发展起来的电子束摄像管技术,几乎没有在电视技术书籍中反映出来,为弥补这一点,在 5.2~5.5 节中做了比较系统的叙述,以便于读者在需要时查阅。(2)单管彩色摄像机是家庭用摄像机的发展方向,但对其工作原理的系统性讲述,在国内外有关电视学教材中并不多见,因此,本书在有关章节中对这方面的内容作了比较详细的介绍。这两部分内容在作为教材时可针对具体要求部分地讲授。(3)11.4 节是从配合我国 HDTV 的制式研究、增强对 MPEG-2 压缩编码标准的理解的角度来写的,所涉及到的具体技术都已包括在第八~第十章和第十二章中,在讲课时这一节的内容可以简化。(4)书中对具体电路和芯片内部电路的介绍很少,因为这属于电子电路课程的内容。

受作者水平所限,本书不足、错误之处,呈请读者批评指正。

作 者
1996 年 2 月

目 录

第一部分 彩色电视原理

第一章 人眼的视觉特性与彩色	(3)
1.1 关于彩色的概念	(3)
1.2 视觉的光谱灵敏度与光度测量	(5)
1.2.1 视觉的光谱灵敏度	(5)
1.2.2 有关辐射的物理量和单位	(6)
1.2.3 有关光的物理量和单位	(6)
1.3 人眼的分辨力与空间频率	(9)
1.3.1 人眼的分辨力的表示方法	(9)
1.3.2 空间频率.....	(10)
1.3.3 表示人眼分辨力的空间频率响应.....	(12)
1.3.4 眼睛的横向抑制效应.....	(12)
1.4 人眼的对比度特性.....	(14)
1.4.1 图像的对比度.....	(14)
1.4.2 人眼的对比度灵敏度特性.....	(14)
1.4.3 马赫光带和视在对比度效应.....	(16)
1.5 视觉惰性与闪烁感觉.....	(17)
1.6 彩色视觉.....	(18)
1.6.1 客观彩色视觉.....	(18)
1.6.2 主观彩色视觉.....	(19)
1.7 格拉兹曼(Grassman)法则	(20)
1.8 色度学.....	(21)
1.8.1 彩色的定量表示.....	(21)
1.8.2 三色系数.....	(21)
1.8.3 三维矢量坐标与麦克斯韦三角形.....	(24)
1.8.4 RGB 坐标系统	(25)
1.8.5 XYZ 坐标系统	(27)
1.8.6 均匀坐标系统.....	(29)
第二章 扫描与电视图像	(33)
2.1 广播电视发展概述.....	(33)
2.2 电视图像的宽高比.....	(34)
2.3 扫描——空间频率与时间频率的转换.....	(35)
2.4 电视扫描系统的基本参数.....	(35)
2.4.1 场扫描频率的选择.....	(36)

2.4.2	逐行扫描与隔行扫描	(36)
2.4.3	扫描行数与视频带宽	(37)
2.5	电视图像的清晰度	(39)
2.5.1	清晰度的概念	(39)
2.5.2	调制传输函数(MTF)	(40)
2.6	电视图像信号的频谱	(41)
2.6.1	静止图像信号的频谱	(41)
2.6.2	运动图像信号的频谱	(44)
2.6.3	关于运动图像信号频谱的一种新概念	(44)
2.7	彩色电视图像信号	(46)
2.7.1	概述	(46)
2.7.2	亮度信号	(46)
2.7.3	色差信号	(47)
2.8	色度信号的传送	(48)
2.8.1	色度信号的传送与彩色电视制式	(48)
2.8.2	频谱交错原理和平衡正交调制	(49)
2.8.3	I、Q 色差信号	(53)
2.8.4	彩条信号与色度信号电平范围的压缩	(54)
2.8.5	亮度信号与色度信号之间的相互干扰	(57)
2.8.6	色同步信号与微分相位失真	(59)
2.9	PAL 制逐行倒相原理	(61)
2.9.1	V 分量逐行倒相的平衡正交调制	(61)
2.9.2	PAL 彩色图像信号的频谱	(62)
2.9.3	u 信号和 v 信号的分离与解调	(63)
2.10	彩色电视中的同步信号	(65)
2.10.1	同步信号的作用	(65)
2.10.2	复合同步脉冲的形状	(67)
2.11	电视信号的编码——彩色全电视信号的形成	(69)
第三章	图像信号的产生	(72)
3.1	电视摄像机概述	(72)
3.1.1	电视摄像机的发展	(72)
3.1.2	电视摄像机的种类	(73)
3.1.3	彩色电视摄像机的未来	(74)
3.2	预放器	(75)
3.2.1	预放器的特点	(75)
3.2.2	放大器的噪声系数	(75)
3.2.3	预放器的噪声计算	(77)
3.3	图像信号的钳位	(80)
3.3.1	钳位的必要性	(80)
3.3.2	钳位电路	(81)

3.4	黑斑校正	(84)
3.5	轮廓校正	(85)
3.5.1	孔阑效应	(85)
3.5.2	轮廓校正原理	(86)
3.6	彩色校正	(89)
3.6.1	彩色校正的概念	(89)
3.6.2	彩色校正原理	(89)
3.7	γ 校正	(91)
3.8	黑色电平调整	(92)
3.8.1	背景光与暗电流的影响	(93)
3.8.2	杂散光校正	(93)
3.8.3	消隐电平切割	(95)
第四章	摄像光学系统和单管彩色摄像机中基色光信号的分离	(97)
4.1	概述	(97)
4.2	光学成像的基础知识	(97)
4.2.1	透镜成像的基本原理	(97)
4.2.2	变焦距镜头	(99)
4.2.3	色温滤色片与中性滤色片	(101)
4.3	分光棱镜	(101)
4.3.1	分光棱镜的工作原理	(101)
4.3.2	关于摄像机中的图像重合	(102)
4.4	单管彩色摄像机的工作原理	(103)
4.4.1	单管彩色摄像机概述	(103)
4.4.2	光学信息处理的基本概念	(104)
4.4.3	栅状滤色器的空间频率传输特性与光信号的调制	(104)
4.4.4	光信号的低通滤波	(108)
4.4.5	光信号的差拍与光陷波器	(109)
4.5	光信号频率分离的基本原理	(110)
4.6	采用频谱交错原理的光信号分离方式	(113)
4.6.1	R、B 共频带的 Y、R、B 分离方式	(113)
4.6.2	R、B 共频带的 Y、R、G、B 分离方式	(117)
4.6.3	Y 与 G、R 与 B 共频带的 Y、R、G、B 分离方式	(118)
4.6.4	R、G、B 共频带的 Y、R、G、B 分离方式	(118)
4.6.5	色信号完全与 Y 共频带的分离方式	(120)
4.7	光信号的相位分离	(120)
4.7.1	相位分离的基本原理	(121)
4.7.2	Trinicon 的相位分离方式	(122)
4.8	三电极分离方式	(124)
4.9	CCD 摄像机中特殊的光学处理问题	(126)
4.9.1	光信号的上限频率	(126)

4.9.2 单管 CCD 彩色摄像机中光信号的分离	(127)
第五章 摄像器件与显像器件	(132)
5.1 概述	(132)
5.1.1 摄像器件的发展	(132)
5.1.2 显像器件的发展	(133)
5.2 摄像管中的光电转换原理	(134)
5.2.1 光电靶与扫描	(134)
5.2.2 摄像管输出电容的降低(LOC)	(135)
5.2.3 光电转换惰性 with 背景光	(136)
5.2.4 灵敏度与分解力	(137)
5.3 电子枪	(138)
5.3.1 普通电子枪与 ACT	(138)
5.3.2 二极管电子枪与 DBC	(140)
5.3.3 电子倍增器	(143)
5.4 电子束的聚焦与偏转	(144)
5.4.1 磁聚焦	(144)
5.4.2 磁偏转	(146)
5.4.3 全静电聚焦	(147)
5.4.4 静电偏转	(148)
5.5 广播电视中应用的摄像管	(150)
5.5.1 视像管(Vidicon)	(150)
5.5.2 氧化铅管(Plumbicon)	(150)
5.5.3 硒靶管(Saticon)	(152)
5.6 CCD 的工作原理	(152)
5.6.1 电荷的存储	(153)
5.6.2 电荷的转移	(154)
5.6.3 电荷的输入与读出	(154)
5.6.4 二相 CCD	(155)
5.6.5 体沟道 CCD	(156)
5.7 CCD 摄像管	(158)
5.7.1 CCD 摄像管的基本原理	(158)
5.7.2 线阵 CCD 摄像管	(160)
5.7.3 面阵 CCD 摄像管	(160)
5.7.4 CCD 摄像管的性能参量	(163)
5.8 CCD 的输出电路	(163)
5.8.1 电流输出电路	(163)
5.8.2 电压输出电路	(164)
5.8.3 浮栅放大器	(165)
5.8.4 分布式浮栅放大器	(166)
5.9 应用光电移像原理的 CCD 摄像管(Image-Intensified CCD)	(166)

5.10	CCD 摄像管中的信号处理	(167)
5.10.1	运动检测	(167)
5.10.2	抵消暗电流	(168)
5.11	彩色电视显像管	(168)
5.11.1	荫罩管(Chromitron)	(168)
5.11.2	栅条管(Trinitron)	(169)
第六章	彩色电视机原理	(173)
6.1	概述	(173)
6.2	高频放大与变频	(173)
6.3	中频放大	(177)
6.4	视频检波	(179)
6.5	亮度信号/色度信号的分离	(180)
6.5.1	亮度/色度信号的传统处理方法	(180)
6.5.2	梳状滤波器——亮度/色度信号的分离	(184)
6.6	色度信号的解调	(187)
6.6.1	u/v 信号的分离	(187)
6.6.2	同步检波	(188)
6.7	显像管电子束的偏转与扫描	(192)
6.7.1	行、场扫描电路的基本结构	(192)
6.7.2	同步信号的分离	(193)
6.7.3	行扫描输出电路	(194)
第七章	磁带录像和光盘录像	(199)
7.1	概述	(199)
7.2	磁带录像的基本原理	(200)
7.2.1	磁化与剩磁	(200)
7.2.2	图像信号的记录	(200)
7.2.3	录放中的时间误差	(203)
7.3	视频信号的频率调制与解调	(204)
7.3.1	频率调制	(204)
7.3.2	频率解调器	(206)
7.4	VHS 格式	(207)
7.4.1	磁迹分布	(207)
7.4.2	磁头的方位角	(208)
7.4.3	逐场移相	(209)
7.5	视频录放信道	(210)
7.5.1	记录信道	(210)
7.5.2	重放信道	(213)
7.6	时基校正	(215)
7.6.1	时基误差的概念	(215)
7.6.2	色度信号的频率转换与时基校正	(216)

7.6.3 全数字化时基校正	(217)
7.7 伺服系统的工作原理	(220)
7.7.1 伺服的基本概念	(220)
7.7.2 磁鼓伺服和主导轴伺服	(223)
7.7.3 数字伺服系统	(223)
7.8 光盘录像的基本原理	(225)
7.8.1 概述	(225)
7.8.2 基本光学知识	(226)
7.8.3 光盘录像系统的分类	(229)
7.9 模压式光盘记录原理	(230)
7.9.1 模具的制作	(230)
7.9.2 光盘的制作	(231)
7.10 只写一次(Write—Once)系统	(232)
7.11 可反复读写的光盘系统	(233)
7.12 光盘系统的信道编码	(236)
7.12.1 LVD 系统中的信号编码	(236)
7.12.2 LVD 中加进数字伴音的方法	(238)

第二部分 数字电视和高清晰度电视

第八章 电视信号的数字化	(245)
8.1 概述	(245)
8.1.1 电视信号数字化的优点	(245)
8.1.2 数字电视概况	(246)
8.1.3 如何学习数字电视	(247)
8.2 PCM 原理	(248)
8.3 视频信号的 A—D 变换和 D—A 变换	(249)
8.3.1 A—D 变换	(249)
8.3.2 D—A 变换	(251)
8.4 亚取样(Subsampling)的概念	(253)
8.5 模拟/数字变换过程中引入的噪声	(254)
8.5.1 孔径效应	(254)
8.5.2 量化噪声	(254)
8.6 轮廓效应与高频颤动(Dither Signal)	(256)
8.7 数字电视信号的编码参数与编码标准	(257)
8.7.1 分量电视信号编码	(257)
8.7.2 复合电视信号编码	(260)
8.8 数字电视中的基本逻辑电路	(260)
8.8.1 单元数字电路及其逻辑符号	(260)
8.8.2 移位寄存器	(263)
8.8.3 计数器	(264)

8.8.4 地址译码器与线路选择器	(267)
8.8.5 只读存储器(ROM)	(268)
8.8.6 随机存储器(RAM 和 VRAM)	(269)
8.9 数字电视中的基本代数运算	(271)
8.9.1 加法、减法运算	(271)
8.9.2 乘法运算	(271)
8.9.3 数字比较器	(272)
8.10 数字电视中的几种信号处理电路	(273)
8.10.1 电平切割	(273)
8.10.2 数字电视信号的钳位	(273)
8.10.3 数字电视信号的 γ 校正	(273)
8.10.4 数字电视信号的轮廓校正	(275)
8.10.5 帧存储器	(276)
8.10.6 数字降噪器	(277)
第九章 彩色全电视信号的数字编码与解码	(279)
9.1 取样频率的行锁相与副载频锁相	(279)
9.2 以行锁相取样频率为基准的数字副载频的产生	(280)
9.2.1 取样频率与副载频的比例关系	(280)
9.2.2 副载频相位振荡器	(281)
9.2.3 两个正交的数字副载频的产生	(283)
9.3 PAL 信号的数字编码	(284)
9.3.1 数字编码原理	(284)
9.3.2 数字同步信号与色同步信号的产生	(285)
9.4 NTSC 信号的数字编码	(287)
9.5 数字电视信号的解码	(287)
9.5.1 传统的解码方式	(287)
9.5.2 PAL 修正器	(288)
9.6 彩色电视信号的 3 维频谱分析	(291)
9.6.1 亮度信号的 3 维频谱	(291)
9.6.2 复合电视信号的 3 维频谱	(293)
9.6.3 色度信号解调过程中信号频谱的 3 维空间变换	(294)
9.7 电视信号的 3 维梳状滤波	(295)
9.7.1 行延时梳状滤波器	(295)
9.7.2 场延时和帧延时梳状滤波器	(298)
9.8 色度信号的解调	(299)
9.8.1 解调原理	(299)
9.8.2 解码中的矩阵变换	(302)
9.8.3 取样频率与行同步之间时间关系的锁定	(304)
第十章 图像信号的数据压缩	(306)
10.1 概述	(306)

10.2	取样频率的转换	(306)
10.2.1	整数比率转换	(306)
10.2.2	分数比率转换和变比率转换	(309)
10.3	数据压缩的理论依据	(311)
10.3.1	熵	(311)
10.3.2	信源的概率分布与熵的关系	(312)
10.3.3	信源的相关性与熵的关系	(313)
10.4	预测编码	(314)
10.4.1	差分脉码调制(DPCM)	(314)
10.4.2	非线性量化	(316)
10.5	正交变换编码	(317)
10.5.1	变换编码的基本思想	(317)
10.5.2	离散余弦变换	(318)
10.5.3	快速离散余弦变换	(321)
10.6	熵编码	(322)
10.6.1	熵编码的基本概念	(322)
10.6.2	霍夫曼(Huffman)编码	(323)
10.6.3	算术编码	(325)
10.7	序列图像中运动矢量的估值	(328)
10.7.1	概述	(328)
10.7.2	块匹配方法	(329)
10.7.3	像素递归法	(333)
10.8	具有运动补偿的帧间预测	(334)
10.8.1	前向预测	(334)
10.8.2	后向预测和双向预测	(336)
10.9	具有运动补偿的帧间内插	(336)
第十一章	高清晰度电视	(340)
11.1	我国发展高清晰度电视的背景	(340)
11.1.1	日本迈出第一步	(340)
11.1.2	欧洲考虑到HDTV的分步过渡方式	(341)
11.1.3	美国奠定了全数字化HDTV的方向	(341)
11.1.4	HDTV的兼容性	(342)
11.2	高清晰度电视的基本参数	(344)
11.3	模拟HDTV制式	(346)
11.3.1	MUSE制	(346)
11.3.2	ACTV制	(348)
11.4	全数字化HDTV制式	(351)
11.4.1	概述	(351)
11.4.2	图像格式	(352)
11.4.3	视频数据的压缩编码	(353)

11.4.4	伴音信号的压缩编码	(358)
11.4.5	传送(Transport)系统	(362)
11.4.6	传输(Transmission)系统	(366)
第十二章	数字 HDTV 信号的传输	(373)
12.1	基本的数字调制技术	(373)
12.1.1	幅度键控(ASK)	(373)
12.1.2	频率键控(FSK)	(374)
12.1.3	相位键控(PSK)	(376)
12.2	多符号的数字调制	(377)
12.2.1	M-FSK	(377)
12.2.2	M-PSK	(377)
12.3	正交幅度调制(QAM)	(379)
12.4	格栅编码调制(TCM)	(380)
12.4.1	卷积码	(381)
12.4.2	维特比(Viterbi)解码器	(383)
12.4.3	格栅编码(Trellis Coding)	(386)
12.5	时分复用(TDM)	(391)
12.6	编码正交频分复用	(394)
12.6.1	概述	(394)
12.6.2	频分复用(FDM)	(395)
12.6.3	正交频分复用(OFDM)	(395)
12.6.4	COFDM	(397)
12.7	RS 码	(398)

第一部分 彩色电视原理

第一章 人眼的视觉特性与彩色

1.1 关于彩色的概念

人们熟悉生活中常见的颜色,如花是红的,叶是绿的,天是蓝的,云是白的,等等。人类喜欢五颜六色,用以点缀环境,美化生活。彩色是与物体相联系的,但是彩色并不只是物体本身的属性,也不只是光本身的属性,彩色是一个心理物理学的概念。就是说,它是由客观量和主观量所共同确定的。光照射到物体上,人眼接受了照明光谱中被物体反射的那一部分光的能量,产生彩色的感觉。这一感知彩色的过程包括了光照、物体反射和人眼的机能3个因素。

从视觉的角度描述一种彩色需要用3个术语,即亮度、色调和饱和度。亮度与光的强弱有关;色调是指彩色的类别,如黄、橙、红、绿等(在科学术语中,用光谱的主波长来表征发光体彩色的类别^[1],主波长一词来源于辐射热力学^[2];饱和度代表颜色深浅的程度,即颜色的纯度。在定量地确定某种彩色光的上述参数时,必须考虑以下因素:物体表面反射系数的光谱特性、照明光的光谱分布以及人眼的光谱灵敏度特性。这3个因素的乘积代表了人眼所看到的颜色。

电视系统处在景物与观众之间。它的任务是将光信号转换成电信号并进行传输,最后在电视机屏幕上再将图像以光的形式显示出来。图像的色彩应该真实到使观众在一定程度上具有身临其境的感觉。

如果把整个电视系统等效成为具有某种光谱特性的光学系统,很明显,要保证电视图像的彩色逼真,应该满足以下条件:物体的反射光谱特性、光源的光谱分布、电视系统的光谱特性以及人眼的光谱灵敏度特性四者的乘积,等效于人眼直接观看原景物时3个因素的乘积。这个简单的数学关系至少从一个重要的方面表明,为什么电视技术的产生和发展,始终与人眼的视觉特性的研究紧密地联系着。

一个白色平面,用红光照射呈现红色,而用绿光(或蓝光)去照射,人们看到的就是绿色(或蓝色)的。如果观察者事先不知道该平面的颜色,在这三种情况下人们所看到的彩色都是真实的;否则,就意味着彩色失真。人类在阳光下生活,人们判别图像的颜色是否真实,就是看它与白昼的平均照明下所呈现的彩色是否一致。例如,在白昼平均照明下,人的肤色或者是红润的,或者是苍白的、黝黑的。如果电视图像所呈现的肤色是青色、绿色或者别的颜色,观众就不会满意。因此人们应该通过各种技术措施,使电视系统中所用的照明光源的光谱分布特性最大限度地接近于白昼平均照明的光谱特性。

从早到晚的不同时刻白昼照明的光谱分布是不同的,所以同一个物体在不同的时刻看到的实际颜色也是不同的。但由于大脑的自动调整作用,人们对于自己熟悉了物体(如屋内的陈设物品)并觉察不出这种色彩随时刻的变化,好象它一直是在由一个能量的光谱分布固定的光源照明一样,这就是平均白昼照明的概念。这一平均的结果是在人们大脑中形成的。

从科学技术的意义上,要定量地描述某一种颜色,必须同时注明产生这一颜色所用光源的光谱特性。正如科学家牛顿所说,如果太阳只发出单一波长的光,那么整个世界就只有一种颜色了。

CIE(国际照明委员会)于1931年推荐A,B,C和E 4种国际标准光源,它们的光谱分布如图1-1所示。其中A光源为钨丝灯的光谱,B光源近似为中午阳光的光谱,C光源近似为白昼平均照明,E光源称为等能光源。E光源虽然无法直接产生,但是在光度测量中,往往需要把测试数据折算成相当于E光源照射时的数据才具有普遍意义。C光源曾经被规定为彩色电视的标准光源。但在1965年国际上改用D光源(图1-1中虚线所示)作为彩色电视的标准光源,因为它的光谱分布比C光源更接近于人们生活中所习惯的平均白昼照明。

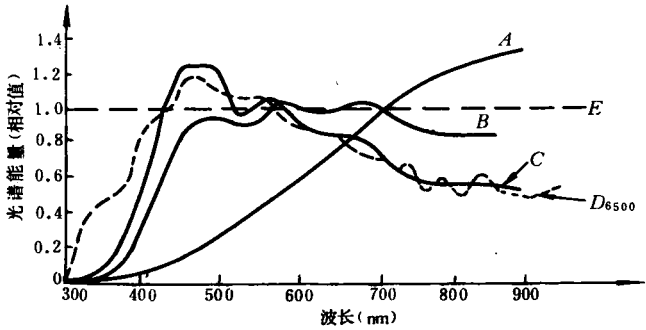


图1-1 几种国际标准光源的光谱分布

像图1-1这样用曲线来表示光源的特性是一种科学的方法,但使用起来不方便。人们发现,用绝对黑体的热辐射作为光源的客观标准,即用黑体的开氏度(K)代表光源的光谱分布和色度特性——色调和饱和度,对于满足工程技术的需要来讲,是既简单又准确的方法,这就是所谓色温的概念。

绝对黑体(也称为全辐射体)是这样一种物体:它在任何温度下,对于任何波长的光的吸收系数均为100%,反射系数均为零。这是一种在自然界中找不到的理想物质。实际的黑体是由俄国学者建议的:在一个用不透明材料制成的中空腔体上开一个小孔,孔的面积与腔体表面积相比足够小,射入小孔的光线,经过腔体内壁多次反射和吸收,最后反射出小孔的光能接近于零。这个小孔就是在物理实验和工程技术中实际应用的黑体,通常也近似地称为绝对黑体。设法在这样的腔体内加热,小孔将辐射出光,其光谱是连续分布的,并与黑体温度有着单一的对应关系。如果一种光源的光谱分布与黑体在某一温度下的辐射光的光谱分布相同或者相近,并且二者的色度相同,那么黑体的温度(K),就称为该光源的色温^[2]。例如,A光源的色温是2854K,就是说它的光谱分布与黑体加热到2854K时的辐射光谱分布相近,而且二者的色度相同。B,C,D三种光源的色温分别为4870K、6770K和6500K。

需要强调指出的是,色温的概念包括光源的光谱分布与色度两方面的含义。如果光源的光谱与黑体的辐射光谱差别甚大,即使是二者色度相同,色温这一术语对该光源也是没有意义的^[2]。这就是为什么图1-1中的E光源不能用色温表示的缘故。此外,光源的色温不含有温度的概念。例如,新型彩色电视机荧光屏的色温接近于6500K,而其本身的温度却与室温相差无几。

色温一词曾注释为“黑体产生与被比较的光源相同色度时的温度”^[3],这一解释不够严格、准确。因为它没有涉及光谱分布,而仅用黑体的色度不能单一地定义光源的。在1.8节中将会看到,黑体在任何温度下所辐射的光的色度都可以精确地用3种单色光来合成,而合成的方案有无穷多。这就是说,如果不考虑光谱分布,那么在指定的黑体温度下,将有无穷多个光源与其对应。