

2 1 世 纪 高 等 院 校 优 秀 教 材

现代电视节目 制作技术 (第2版)

National Defense Industry Press

主编 杨晓宏

编著 梁 丽 张 军 刘毓敏 王卫军 陆 冰

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

G222.3
Y302.1

21 世纪高等院校优秀教材

现代电视节目制作技术

(第2版)

主编 杨晓宏

编著 梁丽 张军 刘毓敏 王卫军 陆冰

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

现代电视节目制作技术 / 杨晓宏主编. —2 版. —北
京: 国防工业出版社, 2005.5

ISBN 7-118-03912-8

I. 现... II. 杨... III. 电视节目—制作
IV. G222.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 038828 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

开本 787×1092 1/16 印张 22½ 519 千字

2005 年 5 月第 2 版 2005 年 5 月北京第 3 次印刷

印数: 6001—10000 册 定价: 34.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前言

目前,以活动图像传输为主的电视技术已经经历了被称作第一代电视的黑白电视和被称作第二代电视的彩色电视两个发展阶段。其中黑白电视诞生于 20 世纪 30 年代,40 年代趋于成熟和普及;彩色电视诞生于 20 世纪 50 年代初,60 年代趋于成熟和普及,并被应用至今;20 世纪 90 年代出现了被称作第三代电视的数字电视。目前电视技术正处在由第二代彩色电视向第三代数字电视过渡的进程中。

由于第二代彩色电视是第一代黑白电视兼容过渡的结果,因而在彩色电视大量普及后,黑白电视仍然未能完全退出消费市场,并出现了以第二代彩色电视为主,且与第一代黑白电视共存的现状。虽然在 20 世纪 90 年代就出现了数字电视,并在世界范围内已经形成了 3 个相对成熟的国际标准,然而由于各国的国情不同,在数字电视传输标准的选取、制定以及向第三代数字电视过渡的方式上存在较大的差异,这些都预示着在完全迈入数字电视之前,彩色电视和数字电视,甚至和黑白电视之间将会有较长一段时间的共存期。

虽然在我国要实现全数字化电视广播将会有较长的一段过渡时期,然而作为相对独立的节目演播和制作环境,其发展从未受传统的模拟复合传输体制的束缚,并且已经经历了模拟复合、模拟分量两个发展阶段,正在向标准清晰度数字分量(SDTV)和高清晰度数字分量(HDTV)的制作环境过渡。实际上,我国从 1995 年开始,随着中央电视台 800m² 全数字电视演播室的建成,已经拉开了电视节目制作环境向全数字化过渡的序幕。目前,向全数字化电视节目制作环境过渡已成为全国各级各类电视制作部门面临的首要任务。

高清晰度数字分量(HDTV)制作系统是继模拟分量、模拟复合、标准清晰度数字分量(SDTV)之后的第四代制作系统,是为第三代数字电视提供节目源的制作系统。尽管目前世界范围内已经形成了多个不同制式的数字电视传输标准,但其信号源的编码参数及编码方式并无太大的差异,这为高清晰度电视节目制作设备的开发和生产提供了有利条件。目前,日本的 SONY 和松下等公司已经研制出了成套的高清晰度电视节目制作设备,且均为多格式的,基本可满足不同传输标准下信号的采集及前后期节目制作。我国的部分制作单位已经引进了全套的高清晰度数字分量电视节目制作设备,并将其用于电视剧的制作。

作者从事电视节目制作技术的教学和科研工作已 10 多年,亲身经历了 10 余年来我国广播电视领域的发展和变化,对从事电视节目制作和视频工程的技术人员希望能有一本全面反映电视节目制作技术最新发展的教材的迫切需求深有体会。为此,作者结合自己教学和科研工作的亲身体会编写了此书。该书在结构和内容体系方面着重体现了以数字化为龙头、以系统为主线、以应用为核心的思想,注重理论与实践的紧密结合。

首先,在结构体系上,本教材突出了以系统为主线、以应用为核心的思想。我们知道,任何电视节目的制作都离不开录像等制作设备,然而孤立的单一设备其功能几乎为零,只有将各单一设备置于一定的系统中,使其相互配合,各自分担不同的功能,才能真正发挥各单一设备的作用。另外,任何电视系统的构建,都必然通过其功能与特定的应用目的

相联系。为了体现以系统为主线、以应用为核心的结构体系,本教材从一开始就强调系统思想,并将系统思想贯穿整个教材内容的始终。另外,本教材还改变了现行教材中重电路分析,忽视设备接口及其使用功能的传统做法,删去了与设备接口和使用功能关系不大的大量电路,并在内容的安排上放弃了传统的按信号流向讲解的“线性”模式,采用从设备接口和使用功能入手的“非线性”模式,即先将设备作为一个“黑箱”,介绍其各种接口和使用功能,然后在系统中有针对性地介绍各种接口和使用功能的具体应用,做到学以致用。

其次,在内容体系上,本教材在兼顾模拟电视体制、模拟复合设备和模拟复合与模拟分量系统的基础上,对近年来已进入实用化的数字电视技术、数字分量设备、全数字化制作系统、基于计算机技术的多媒体制作环境、全数字化制作环境的构建等内容作了较详尽的分析和介绍。

本书是在《新编电视节目制作技术教程》一书的基础上修订而成的。原书自出版以来,深受广大读者的欢迎,已被多所院校指定为授课教材。本版教材在原书的基础上,新增加了数字电视、照明技术等部分,充实了彩色摄像机、磁记录原理、虚拟演播室技术等相关内容。尤其注重了电视节目制作系统中的新理论和新技术,使教材内容更新颖、体系更完善、结构更合理。全书共分11章。第1章重点介绍了彩色电视传输系统的模型,正确重现彩色的基本条件,实现正确的彩色重现所采取的技术措施等内容;第2章重点介绍了数字电视的基本概念,数字电视系统的组成及其工作原理,数字电视标准,国内外数字电视的发展现状等内容;第3章重点介绍了彩色电视摄像机与磁带录像机的基本组成、工作原理及操作使用等内容;第4章重点介绍了电视照明电光源、电视照明灯具、光线控制器材、电视照明的方法与技巧等内容;第5章重点介绍了演播室和外景节目制作系统;第6章重点介绍了线性、非线性及混合编辑系统等内容;第7章重点介绍了以传统的特技机为核心的特技制作系统和基于计算机平台的特技与图文动画创作系统等;第8章重点介绍了电视音响系统的组成和电视音响的制作等内容;第9章重点介绍了虚拟演播室系统的基本原理,虚拟演播室系统采用的主要技术等内容;第10章重点介绍了电视节目制作环境的变革与发展,数字分量电视节目制作环境的构建等内容;第11章重点介绍了无线传输系统和有线传输系统等内容。

本书第1章、第6章、第7章由杨晓宏编写;第5章、第10章由杨晓宏、梁丽编写;第2章、第9章、第3章的3.1.1、3.1.2、3.1.4、3.1.5、3.1.7、3.1.8、3.2.1、3.2.2、3.2.5、3.2.6节由梁丽编写;第4章由刘毓敏编写;第8章、第11章、第3章的3.2.3、3.2.4节由张军编写;第3章的3.1.6节由杨晓宏、刘毓敏、陆冰编写;第3章的3.1.3节由杨晓宏、王卫军编写。全书由杨晓宏统稿,杨晓宏、刘毓敏、张军绘制了书中的所有插图,胡为芹、王泽钰两位研究生为本书的编写提供了力所能及的帮助,在此深表谢意。

书中内容主要以作者的科研成果为主,引用了部分国内外公开发表的成果,引用的部分均在书末附了参考文献。希望本书对从事电视节目制作技术课程的教学以及电视工程技术人员和广大的广播电视领域爱好者有所帮助。由于时间仓促,加之作者水平有限,本书疏漏和错误之处还望读者不吝赐教。

编著者

2005年3月

内 容 简 介

本书以全新的思路,在回顾现行彩色电视技术和数字电视技术的基础上,系统而全面地介绍了前期节目制作系统、编辑系统、特技与图文动画创作系统、电视音响系统、虚拟演播室系统、电视节目制作环境、电视节目的传输等内容。全书理论联系实际,体现了以数字化为龙头,以系统为主线,以应用为核心的思想。在内容的安排上,既有对现行电视体制技术核心的精辟分析,也有对数字电视的综合介绍,特别是对近年来广泛兴起的虚拟演播室制作系统、非线性编辑系统、基于计算机平台的特技与图文动画创作系统等内容进行了更为详尽的介绍。最后从电视节目制作环境的变革与发展入手,对全数字化电视节目制作环境的构建等内容进行了分析。

本书是作者在 10 多年教学经验和科学研究的基础上编写而成的,既通俗易懂,也有一定的深度和广度。本书可作为广播电视、教育技术学等相关专业电视节目制作技术课程的教材,也可供影视等专业的广大爱好者参考或作为培训教材。

目 录

第1章 电视系统与彩色重现	1
学习目标	1
1.1 彩色电视传输系统的模型	1
1.2 正确重现彩色的基本条件	2
1.2.1 标准光源与摄像光源	2
1.2.2 基色量系统及系统间的转换	4
1.2.3 不失真传输彩色的基本条件	6
1.3 实现正确的彩色重现所采取的技术措施	7
1.3.1 γ 校正	7
1.3.2 彩色校正	8
1.3.3 编解码	10
1.3.4 白平衡调整	11
复习思考题	13
第2章 数字电视基础	14
学习目标	14
2.1 数字电视概述	14
2.1.1 数字电视的概念及系统组成	14
2.1.2 数字电视图像的清晰度与码率	18
2.2 数字电视标准	23
2.3 国内外数字电视发展现状	26
复习思考题	33
第3章 彩色电视摄像机与磁带录像机	34
学习目标	34
3.1 彩色电视摄像机	35
3.1.1 电视摄像机的发展	35
3.1.2 彩色摄像机的分类	35
3.1.3 彩色摄像机的基本组成	37
3.1.4 摄像机的主要性能指标	45
3.1.5 摄像机的主要附件	48
3.1.6 CCD 摄像机中的新技术与新功能	50
3.1.7 摄像机调整的基本方法与步骤	58
3.1.8 DXC - D35P 摄像机的调整与使用	61
3.2 磁带录像机	88

3.2.1	录像机的发展	88
3.2.2	录像机的分类	93
3.2.3	磁性录放原理及视频信号的录放特点	95
3.2.4	录像机的基本组成	98
3.2.5	录像机记录格式之间的兼容性	100
3.2.6	DSR-1800P 录像机的操作与使用	106
	复习思考题	142
第4章	电视照明设备	143
	学习目标	143
4.1	电视照明电光源	143
4.1.1	电视照明电光源的技术要求和性能	143
4.1.2	卤钨灯	144
4.1.3	气体放电灯	147
4.2	电视照明灯具	155
4.2.1	概述	155
4.2.2	聚光型灯具	158
4.2.3	散光型灯具	164
4.2.4	特殊效果灯具	167
4.2.5	灯具固定支撑器材	170
4.3	光线控制器材	175
4.3.1	光线控制器材	175
4.3.2	电气调光设备	177
4.4	电视照明的方法与技巧	184
4.4.1	概述	184
4.4.2	人物光线处理的基本形式	188
4.4.3	静态人物布光	188
4.4.4	动态人物布光	191
	复习思考题	192
第5章	前期节目制作系统	193
	学习目标	193
5.1	演播室节目制作系统	193
5.1.1	演播室的分类	193
5.1.2	演播室的声学要求	194
5.1.3	演播室及控制室的设备配置	194
5.1.4	演播室节目制作系统	195
5.2	外景节目制作系统	200
5.2.1	外景节目制作系统的类型	200
5.2.2	外景节目制作系统的应用	203
	复习思考题	206

第6章 编辑系统	207
学习目标	207
6.1 编辑系统概述	207
6.1.1 编辑的概念	207
6.1.2 编辑方式	208
6.1.3 编辑控制方式	212
6.2 编辑录像机与编辑控制器	213
6.2.1 编辑录像机	213
6.2.2 编辑控制器	216
6.3 线性编辑系统	219
6.3.1 线性编辑系统的分类	220
6.3.2 线性编辑的工作流程	227
6.3.3 线性编辑系统的编辑误差	232
6.3.4 线性编辑系统的配置	235
6.4 非线性编辑系统	239
6.4.1 非线性编辑系统概述	239
6.4.2 非线性编辑系统的分类	240
6.4.3 非线性编辑系统的功能	241
6.4.4 单机非线性编辑系统	242
6.4.5 网络非线性编辑系统	243
6.5 混合编辑系统	247
复习思考题	249
第7章 特技与图文动画创作系统	251
学习目标	251
7.1 概述	251
7.2 以传统的特技机为核心的特技制作系统	252
7.2.1 对两个彩色全电视信号进行特技处理的条件	252
7.2.2 特技效果及其实现方式	253
7.2.3 以传统的特技机为核心的特技制作系统	260
7.3 基于计算机平台的特技与图文动画创作系统	283
7.3.1 图文动画创作系统的发展	283
7.3.2 图文动画创作系统的类型	284
7.3.3 图文动画创作系统的构成	285
7.3.4 图文动画创作系统的工作原理	293
7.3.5 图文动画创作系统的选型	294
复习思考题	295
第8章 电视音响系统	296
学习目标	296
8.1 电视音响系统的组成	296

8.1.1	声—电转换系统	296
8.1.2	音效处理与合成系统	299
8.1.3	录放系统	300
8.2	电视音响的制作	302
8.3	音频工作站系统	302
	复习思考题	303
第9章	虚拟演播室系统	304
	学习目标	304
9.1	从传统演播室到虚拟演播室	304
9.2	虚拟演播室工作原理	306
9.3	虚拟演播室系统的分类	307
9.4	虚拟演播室系统关键技术	308
9.5	大洋 MagicSet 真三维虚拟演播室系统简介	317
	复习思考题	319
第10章	电视节目制作环境	320
	学习目标	320
10.1	电视节目制作环境的变革与发展	320
10.1.1	模拟复合制作环境	320
10.1.2	模拟分量制作环境	320
10.1.3	标准清晰度数字分量制作环境	322
10.1.4	高清晰度数字分量制作环境	323
10.2	数字分量电视节目制作环境的构建	324
10.2.1	现状分析	324
10.2.2	数字信号及其传输格式	325
10.2.3	设备选型	328
	复习思考题	332
第11章	电视节目的传输	333
	学习目标	333
11.1	无线传输系统	333
11.1.1	地面广播电视系统	333
11.1.2	微波传输系统	338
11.1.3	卫星广播电视系统	340
11.2	有线传输系统	342
11.2.1	电缆传输系统	342
11.2.2	光缆传输系统	343
11.3	电视节目传输系统的新发展	344
	复习思考题	345
	参考文献	346

第1章 电视系统与彩色重现

学习目标

学习完本章,应该能做到:

- 知道模型、模型方法以及运用模型方法在彩色电视系统应用领域所建立的彩色电视传输系统模型。
- 理解标准光源与摄像光源的含义与区别。
- 了解常用的基色量系统及系统间的转换关系。
- 掌握电视系统正确重现彩色的基本条件及其数学分析过程。
- 说出基色量系统间的转换方法对设计具有负值的摄像机的光谱特性的理论和实践指导意义。
- 理解 γ 校正、彩色校正、编解码、白平衡调整的基本原理。
- 阐述为实现正确的彩色重现,采取 γ 校正、彩色校正、编解码、白平衡调整等技术措施的必要性。

1.1 彩色电视传输系统的模型

模型是对研究对象所做的一种简化的描述,利用模型来达到特定目的的研究方法被称为模型方法。由于模型方法具有类比性和简略性的特点,因而可用来对电视系统及其各个组成部分进行定性和定量的分析与研究。

在设计一个电视系统,或对一个实际存在的电视系统进行整体研究时,人们往往不可能预先构造一个电视系统,或对一个实际存在的电视系统随意地反复分解和组合,在这种情况下,就需要对研究对象进行科学的抽象,并在主体与客体之间建立一种特殊的中介——模型。由于模型具有简略性的特点,因而人们只能根据特定的研究目的,部分地再研究对象的内容。在电视系统中,若以电视系统正确重现彩色的基本条件为主要研究内容,则可建立如图 1.1.1 所示的模型;若以电视系统的兼容性为主要研究内容,则可建立如图 1.1.2 所示的模型。

图 1.1.1 所示模型所蕴含的信息为:

(1) 发送端需要传送的是光信号,接收端重现的仍然是光信号,但为了便于信息的传输和处理,需要以电信号作为传输和处理的中介。

(2) 光—电转换(后面简称为光电转换)得到的是三基色电信号,电—光转换(后面简称为电光转换)需要的仍然是三基色电信号,因而从图像信息的传送来看,编解码并非电

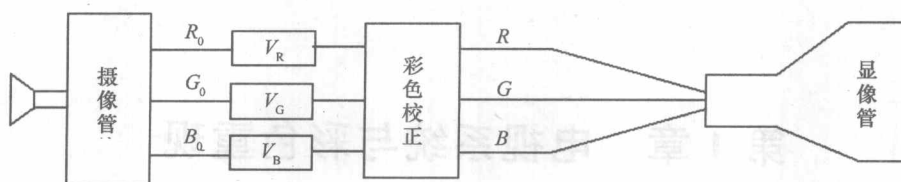


图 1.1.1 彩色电视传输系统模型之一

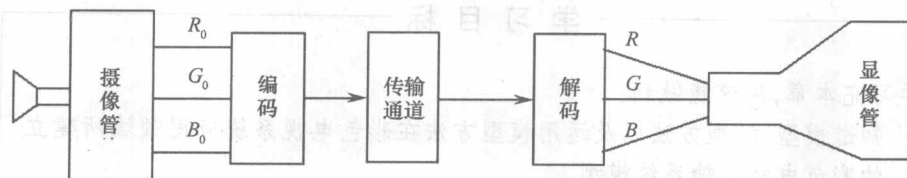


图 1.1.2 彩色电视传输系统模型之二

视系统所必需。

(3) 彩色校正是确保电视系统正确重现彩色的重要技术措施之一。

(4) 三基色信号相互分离的三线传送方式是彩色电视系统的原始组成形式,因而从彩色信号的传送来看,它对系统的要求是分量系统而非复合系统。

图 1.1.2 所示模型所蕴含的信息为:

(1) 发送端需要传送的是光信号,接收端重现的仍然是光信号,但为了便于信息的传输和处理,需要以电信号作为传输和处理的中介。

(2) 为了实现与黑白电视的兼容,需要对三基色电信号进行编解码处理。

(3) 编码是将分量信号变为复合信号的过程,解码则相反,因此,编解码器是复合信号与分量信号的分界点。

(4) 传输通道的形式可以是多样化的,它对电视系统的彩色重现不会产生本质的影响。

以上两种模型分别从不同的角度对电视系统进行了不同程度的简化,它们分别是为不同的研究目的而提出的,可以设想,当研究对象和研究目的发生变化时,上述两种模型也需要做繁简和内容上的进一步修正。

1.2 正确重现彩色的基本条件

1.2.1 标准光源与摄像光源

一、标准光源

彩色电视系统的任务是将发送端活动或静止的图像以一定的信号形式传送到接收端并正确地重现出来。根据人眼的视觉特性和三基色原理,可以将自然界中千变万化的彩色的传送简化为三个基色信号的传送。目前,在三管(片)彩色摄像机中均有分光系统,利用它将 1 幅彩色图像分解成 3 幅单色图像,然后利用 3 支摄像管分别将 3 幅单色图像的光信息转换成三基色电信号(单管或二管彩色摄像机也要形成三基色电信号,但形成原理与三管彩色摄像机不同),再将三基色电信号根据彩色电视制式的要求,经编码形成彩色

全电视信号后,以一定的方式发送出去,接收端将接收到的电视信号经过一系列处理后解码出3个基色电信号,这3个基色电信号分别激励3支电子枪,3支电子枪发射的电子分别轰击荧光屏上的3种荧光粉,利用3种荧光粉发出的具有一定比例的3种基色光合成发送的彩色。

根据色度学的研究结果,人眼的彩色感觉是由照明光源、物体的属性以及人眼的视觉特性3者共同决定的。因此,同一物体在不同的照明光源下,其所呈现的彩色一般来说是不同的。我们知道,人类生活在最大的自然光源太阳光下,太阳光的色温不仅随着季节的不同而不同,即使在同一天内,太阳光的色温变化也很大,通常人们对这种色温变化所引起的自己不熟悉的景物的颜色变化相当敏感,而对自己所熟悉的景物,由于人的大脑具有记忆与纠错的功能,当太阳光的色温变化时所引起的这些景物的颜色变化人眼并不敏感,并始终将这些景物的颜色认定为在白昼平均照明下其所呈现的颜色。

对于彩色电视系统来说,只有精确地模拟出人眼的上述视觉特性,才能确保彩色的正确重现。具体来说,如果发送端传送的是我们所熟悉的景物,那么,只有当接收端重现的彩色与该景物在白昼平均照明下所呈现的彩色一致时,我们才认为彩色重现是正确的。相反,如果发送端传送的是我们并不熟悉的景物,或者说,我们预先并不知道所传送景物的彩色,那么,对该景物来说,接收端重现出的任何彩色我们都会认为彩色重现是正确的。由此看来,我们有必要选择一种光源作为彩色电视系统的标准光源,以便将接收机所重现的彩色统一在该标准光源之下,显然,该标准光源的光谱分布应尽可能接近“白昼平均照明”,根据这一要求,目前的彩色电视系统普遍选用光谱分布接近“白昼平均照明”,相关色温为6500K(色度坐标为 $x=0.313, y=0.329$)的 D_{65} 光源作为彩色电视系统的标准光源。综上可知,彩色电视系统选择标准光源的意义在于:使接收端重现景物的色度与原景物在标准光源下的色度保持一致,以实现色度学上正确的彩色重现。

二、摄像光源

在标准光源和荧光粉三基色选定后,为了保证发送端的彩色在接收端不失真地重现出来,必须使摄像机的光谱特性、荧光三基色特性与标准光源相匹配,然而,由于摄像机的光谱特性除与摄像镜头、分色棱镜、摄像管等器件有关外,还与摄像光源有关。通常,为了简化和从技术上实现对摄像机光谱特性的设计,必须规定一个特定的摄像光源,然后在此光源下设计摄像机的光谱特性。目前生产的大多数摄像机是按演播室常用的色温为3200K的光源设计的,在实际应用中,当环境光源的色温与3200K不一致时,可以通过色温滤色片将环境光源的色温转到3200K,这样就保证了摄像机能够在任何色温的环境光源下正常工作。当然,由于色温滤色片的调节是跳变的,因而只能使环境光源的色温转换到接近3200K,这必然会带来一定的彩色重现误差,但是通常这个误差并不大,并且可以通过摄像机白平衡的调整来进一步减小这个误差。需要指出的是,当环境光源的色温与3200K相差较大时,若不经色温转换,直接调整摄像机的白平衡(若摄像机3路的增益调整范围允许的话)后进行拍摄,则白色在接收端仍重现为标准白,但其他彩色的重现误差较大。

三、摄像光源与标准光源的区别

综上所述,摄像光源与标准光源的区别包括:

- (1) 标准光源规定了电视系统重现彩色的色度基准,该基准是设计摄像机光谱特

性和调整接收机白平衡的依据,因此,标准光源必须在设计电视系统之前预先确定好。

(2) 摄像光源规定了摄像机使用环境的色温基准,该基准既是设计摄像机光谱特性的依据,同时也是对摄像机使用环境光源色温的要求。

(3) 一般来说,规定标准光源是电视系统实现正确的彩色重现所要求的,而规定摄像光源仅仅是摄像机的生产者为了便于设计摄像机的光谱特性所采取的技术措施。

由此可见,电视系统中的标准光源与摄像光源是两个完全不同的概念,选择标准光源的目的并不意味着摄像时必须采用标准光源照明。

最后顺便指出,目前一些文献资料经常提到基准白这一概念,基准白与标准光源之间的关系是:标准光源是一种标准照明体,而基准白是重现彩色图像的白色基准(背景),对于特定的电视系统,如果用色温来度量标准光源和基准白,则结果应该是一致的。另外,从整个电视系统来看,标准光源是彩色电视机基准白调整的依据,而基准白是彩色电视机一项重要的性能指标,如果基准白调整不当,不仅重现彩色失真较大,而且会对观众的心理和生理带来不良影响。目前,我国彩色电视系统规定采用 D_{65} 光源作为标准光源,因此用于度量基准白的白场相关色温应为 6500K。选用 D_{65} 光源作为标准光源的优点是:重现的彩色出现失真时对观众生理和心理的影响程度小。虽然在我国的国家标准 GB936—89 中,已将接收机的白场色温及其宽容度规定为 $6500K + 7MPCD$,但目前仍有不少企业未执行此项标准,这在一定程度上影响了彩电的质量。今后,随着我国彩电工业的发展,以及观众对节目技术和艺术质量要求的提高,各生产企业必须重视对接收机基准白的调整。

1.2.2 基色量系统及系统间的转换

一、基色量系统

根据三基色原理,色度学中彩色的计算和度量是在基色量系统中进行的,常用的基色量系统有:

1. 谱色基色量系统

CIE(国际照明委员会)规定,选水银光谱中 3 个单一波长的色光作为谱色基色量系统的三基色,即:

红基色: $\lambda = 700nm$

绿基色: $\lambda = 546.1nm$

蓝基色: $\lambda = 435.8nm$

2. 标准基色量系统

由于谱色基色量系统的分布色系数中有负值存在,因此利用求和法计算三色系数,进而计算亮度时很不方便,且易出错。为了克服上述缺点,并便于色度测量和各种基色量系统间的色度比较,CIE 提出了标准基色量系统。根据 CIE 对标准基色量系统中三基色单位的规定条件,可以推算出标准基色量系统的三基色单位在谱色基色量系统色度图中的坐标为:

$$[X] \begin{cases} r_1 = 1.2750 \\ g_1 = -0.2778 \\ b_1 = 0.0028 \end{cases} \quad [Y] \begin{cases} r_2 = -1.7393 \\ g_2 = -2.7673 \\ b_2 = -0.0280 \end{cases} \quad [Z] \begin{cases} r_3 = -0.7431 \\ g_3 = 0.1409 \\ b_3 = 1.6022 \end{cases}$$

3. 荧光粉基色量系统

不同的彩色电视制式选用的荧光粉三基色与标准白各不相同,以下为常用的几种荧光粉基色量系统。

(1) 早期 NTSC 制规定的荧光粉基色量系统

该系统的三基色与标准白在标准基色量系统色度图中的色度坐标为:

$$\text{红基色: } x=0.674 \quad y=0.326$$

$$\text{绿基色: } x=0.218 \quad y=0.712$$

$$\text{蓝基色: } x=0.140 \quad y=0.080$$

$$\text{C 白: } x=0.310 \quad y=0.316$$

(2) PAL/I 制规定的荧光粉基色量系统

该系统的三基色与标准白在标准基色量系统色度图中的色度坐标为:

$$\text{红基色: } x=0.64 \quad y=0.33$$

$$\text{绿基色: } x=0.29 \quad y=0.60$$

$$\text{蓝基色: } x=0.15 \quad y=0.06$$

$$\text{D}_{65}\text{白: } x=0.313 \quad y=0.329$$

(3) 我国国家标准(GB4779.1~GB4779.3—84)规定的荧光粉基色量系统

该系统的三基色与标准白在标准基色量系统色度图中的色度坐标为:

$$\text{红基色: } x=0.642 \quad y=0.350$$

$$\text{绿基色: } x=0.322 \quad y=0.602$$

$$\text{蓝基色: } x=0.148 \quad y=0.056$$

$$\text{D}_{65}\text{白: } x=0.313 \quad y=0.329$$

二、系统间的转换

同一彩色在不同的基色量系统中具有不同的色系数,实际应用中,若已知一彩色在某一基色量系统中的三色系数,那么可以通过一个转换矩阵,求出它在另一基色量系统中的三色系数。

1. 谱色基色量系统与标准基色量系统间的转换关系

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7518 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

2. 早期 NTSC 制荧光粉基色量系统与标准基色量系统间的转换关系

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6067 & 0.1736 & 0.2001 \\ 0.2986 & 0.5868 & 0.1144 \\ 0.0000 & 0.0661 & 1.115 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

3. PAL/I 制荧光粉基色量系统与标准基色量系统间的转换关系

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4306 & 0.3415 & 0.1784 \\ 0.2220 & 0.7067 & 0.0713 \\ 0.0202 & 0.1295 & 0.9394 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

4. 我国国家标准(GB4779.1~GB4779.3)规定的荧光粉基色量系统与标准基色量系统间的转换关系

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4523 & 0.3200 & 0.1791 \\ 0.2474 & 0.6849 & 0.0678 \\ 0.0071 & 0.1179 & 0.9632 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

以上是标准基色量系统与其他几种基色量系统间的转换关系,若有必要,可以从这些已知的转换关系中求出谱色基色量系统与各荧光粉基色量系统间的转换关系等。

在实际应用中,除了上述常用的基色量系统之外,还有均匀色标系统、均匀亮度和色度坐标系统等。

1.2.3 不失真传输彩色的基本条件

假设摄像端反射系数为 $\rho(\lambda)$ 的物体处在辐射功率波谱为 $P_T(\lambda)$ 的光源照射下,若摄像管的光电转换是线性的,则摄像机拍摄该物体时,其 3 个通道经白平衡调整后的输出为:

$$E_R = A_R \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_r(\lambda) d\lambda$$

$$E_G = A_G \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_g(\lambda) d\lambda$$

$$E_B = A_B \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_b(\lambda) d\lambda$$

其中 A_R, A_G, A_B 为 R, G, B 3 个通道的增益和光电转换系数的乘积, $T_r(\lambda), T_g(\lambda), T_b(\lambda)$ 为 R, G, B 3 个通道的光谱特性。

显然,对于白色物体有: $E_R = E_G = E_B$ 。

在显像端,为配出在辐射功率波谱为 $P_s(\lambda)$ 的标准光源下,反射系数为 $\rho(\lambda)$ 的物体色所需的荧光粉三基系数为:

$$R_e = \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{r}_e(\lambda) d\lambda$$

$$B_e = \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{b}_e(\lambda) d\lambda$$

$$G_e = \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{g}_e(\lambda) d\lambda$$

其中 $\bar{r}_e(\lambda), \bar{g}_e(\lambda), \bar{b}_e(\lambda)$ 为荧光粉三基色的分布色系数。

根据配色方程的要求,当 $\rho(\lambda) = 1$ 时,有:

$$R_e = G_e = B_e$$

此时若接收机已调整白平衡,则荧光屏重现标准白。

若显像管的光电转换是线性的,则显像管所需的 3 个激励电压 ($E_{R_e}, E_{G_e}, E_{B_e}$) 分别与三基系数成正比,即

$$E_{R_e} \propto R_e$$

$$E_{G_e} \propto G_e$$

$$E_{B_e} \propto B_e$$

在色度学上,正确重现彩色的基本条件是:重现景物的色度应与其处于标准光源下的色度一致,重现景物的亮度应与其处于标准光源下的亮度成比例。根据这一条件,在摄像管的

光电转换、显像管的电光转换以及传输系统均是线性的情况下,欲使彩色正确重现,应有:

$$E_R = KR_e$$

$$E_G = KG_e$$

$$E_B = KB_e$$

其中, K 为比例常数。

即:

$$A_R \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_r(\lambda) d\lambda = K \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{r}_e(\lambda) d\lambda$$

$$A_G \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_g(\lambda) d\lambda = K \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{g}_e(\lambda) d\lambda$$

$$A_B \int_{380}^{780} P_T(\lambda) \rho(\lambda) T_b(\lambda) d\lambda = K \int_{380}^{780} P_s(\lambda) \rho(\lambda) \bar{b}_e(\lambda) d\lambda$$

显然,当 $\rho(\lambda) = 1$ 时,上式恒成立,但对任意的 $\rho(\lambda)$,欲使上式恒等,应有:

$$A_R P_T(\lambda) T_r(\lambda) = K P_s(\lambda) \bar{r}_e(\lambda)$$

$$A_G P_T(\lambda) T_g(\lambda) = K P_s(\lambda) \bar{g}_e(\lambda)$$

$$A_B P_T(\lambda) T_b(\lambda) = K P_s(\lambda) \bar{b}_e(\lambda)$$

$$T_r(\lambda) = \frac{K}{A_R} \cdot \frac{P_s(\lambda)}{P_T(\lambda)} \cdot \bar{r}_e(\lambda)$$

$$T_g(\lambda) = \frac{K}{A_G} \cdot \frac{P_s(\lambda)}{P_T(\lambda)} \cdot \bar{g}_e(\lambda)$$

$$T_b(\lambda) = \frac{K}{A_B} \cdot \frac{P_s(\lambda)}{P_T(\lambda)} \cdot \bar{b}_e(\lambda)$$

上述 $T_r(\lambda)$ 、 $T_g(\lambda)$ 、 $T_b(\lambda)$ 的表达式即为在线性的彩色电视系统中实现正确的彩色重现时,摄像机 3 个通道应具有的光谱响应特性。

当彩色电视系统存在非线性时,可以证明,摄像机 3 个通道应具有的光谱响应特性与线性系统一样,只是在系统中要进行 γ 校正,以使整个传输系统的 $\gamma = 1$ 。

值得指出的是,目前多数文献资料将实现正确的彩色重现时摄像机应具有的光谱响应特性表述为:“摄像机 3 路的光谱响应曲线应与显像三基色混色曲线一致或成比例”。很明显,这种表述方法是指以标准光源作为规定的摄像光源时,摄像机应具有的光谱响应特性。

1.3 实现正确的彩色重现所采取的技术措施

1.3.1 γ 校正

假设在电视系统的 3 个组成部分中,摄像端被摄物体的亮度为 B_1 ,摄像管的光电转换系数为 γ_1 ,摄像管信号电极的输出电压为 E_1 ,则:

$$E_1 = K_1 B_1^{\gamma_1} (K_1 \text{ 为比例常数}) \quad (1.3.1)$$

信号 E_1 经传输后,若到达显像管输入电极的电压为 E_2 ,传输系数为 γ_2 ,则:

$$E_2 = K_2 E_1^{\gamma_2} (K_2 \text{ 为比例常数}) \quad (1.3.2)$$