

# 视频测量技术

陈善彬 编著



中国广播电视出版社

# 视频测量技术

陈善移<sup>Yi</sup> 编著

中国广播电视出版社

# 序

本书是一部论述视频测量技术的专著。书中全面、系统地讲解了电视技术领域各系统的测量原理与测试方法，填补了我国电视测量教材的空白。

作者根据自己30多年的教学、实验工作、组织建设专业实验室、参与电视台系统构成方案的研讨，以及许多年来一直担任视频测量课程和指导学生实验等环节中积累的深厚理论知识和丰富实践经验；将广播电视系统中保证信号技术指标、保证系统正常运行方面最基本又极其重要的视频测量原理、具体操作方法以及常用测量仪器，以条理清楚、符合教学需要并适应实践操作的内容作了既有重点又照顾全面的叙述和介绍。

《视频测量技术》在国内诸多的电视技术书籍（如摄像、录像、发射、接收、播控等方面）中尚属首创，所以本书内容更具特色。

我相信，本书除供教学使用外，亦适合有关技术人员阅读参考。

张永辉

1997年3月

# 前 言

视频测量技术是一门实践性很强的学科，在学习过程中不仅要重视基础理论的研究，包括电视原理和有关国家标准的深入理解，还要注意理论联系实际，注重实践和操作。

充分体现测量技术严谨一面的数学推导固然重要，但只停留在概念上津津乐道地说教，遇上实际问题只会坐在仪器面前发懵，奢态尽现更不可取。

所以，欲掌握视频测量技术，离不开对测量原理的理解、对测量仪器的了解和与实际应用相结合等三方面知识的积累。本书的编纂宗旨也正是如此。

教学实践证明，物理实验的  $U=IR$  三个电参量的测量要用三用表，电子学实验的  $R$ 、 $L$ 、 $C$ 、 $IC$  和晶体管等器件的检测要用阻抗电桥和  $IC$  测试仪，以及无线电各频段设备的三大指标测量要用振荡器、信号源、示波器和分析仪等，诸多娴熟的测量技能，无一不是视频测量技术的基石。

本书之所以能够顺利编辑出版，准确地说应该是集体创作的结晶。

首先，应该感谢我的老师张永辉教授。多年来是他一直孜孜不倦地给我以教诲，精心而准确地修改过我多篇拙文从无倦意，甚至本书第10章内容的编入也还是靠他论文的支持；再就是感谢广电部科技委副主任、原广电部副总工程师章之俭教授。多年来，他始终如一地热情倡导并支持将视频测量技术普及于我国广播电视事业。为此，他不仅通读了本书原稿，而且提出了大量的、十分具体的指导意见，使我受益匪浅；感谢广电部广播科学研究院视频测量技术的先驱李倜教授，我曾多次得到过她的亲自指导，包括本书基础篇的大部分内容也是取自于她负责起草的国家标准；感谢广科院电视所领导和孙奉明等各位高级工程师，他们不仅为本书应用篇提供了大量翔实的资料，而且，在共同参与中央电视台张少兰等高级工程师领导的亚运会专用设备验收小组工作中，得到了他们很多的启发和帮助；感谢广电部科技司李福祥处长为选编国家标准提供

了最新信息；感谢多位专家为本书内容提供了各种大量的参考资料。他们是：潘仁鑫、田凤武、潘振昌、刘丰昆、杜旭珍、赵洪、张加林、孟建军、李秀球和舒婉平教授等，感谢北京广播学院领导特别是周铜山、苏志武副院长、郭斌系主任等对教材建设的支持和对我的鼓励；还要感谢多年与我朝夕相处、教学相长并为教学实验工作及本书撰稿所需实验数据做了大量实验工作的曹云生高级工程师和王世平工程师；感谢中国广播电视出版社王本玉主任、张兆晋编辑为本书出版付出的大量心血和无私奉献。

最后，衷心感谢美国泰克公司亚太市场中心总经理陈明喜先生对本书出版的鼎力相助。

陈善移

1997年3月  
于北京广播学院  
电视工程系

# 目 录

---

## 基础篇 (1)

### 绪论 (5)

#### 第1章 彩条信号的质量监测 (7)

彩条信号的形成 (7) 彩条信号的波形监测 (11) 彩条信号的矢量监测 (21) 彩条信号的图像监测 (26)

#### 第2章 反射损耗的测量 (28)

反射损耗 (28) 反射损耗的测量 (29) 反射损耗对图像质量的影响及改善措施 (32)

#### 第3章 介入增益及其稳定度的测量 (34)

介入增益 (34) 动态介入增益变动 (38) 介入增益稳定度 (40)

#### 第4章 视频杂波的测量 (41)

连续随机杂波 (42) 电源干扰 (52) 单频干扰 (53) 脉冲干扰 (53) 串扰 (54)

#### 第5章 视频非线性失真 (55)

视频非线性失真 (55) 亮度非线性失真 (58) 色度信号对亮度信号的交调失真 (62) 微分增益失真 (65) 微分相位失真 (69) 色度信号的非线性失真 (70) 同步信号的静态非线性失真 (70)

#### 第6章 视频线性失真 (72)

视频线性失真 (72) 频域测量 (75) 时域测量 (77) 色度-亮度不等性的测量 (87)

#### 第7章 插入测试行方法 (91)

视频通道的质量监测与插入测试行 (91) 测试行信号的应用 (94) 插入测试行设备 (94)

#### 第8章 模拟分量视频信号及其参数测量 (98)

分量信号的含义 (98) 分量视频信号及通道的特殊性 (99) 分量测试信号及其参数 (101) 分量视频通道的测量 (108)

#### 第9章 串行数字分量视频信号系统的测量 (117)

CCIR 601 号建议书主要内容 (117) CCIR 611 号建议书中的数字接口标准 (118) 串行信号的原理及应用 (120) 有关同轴电缆的问题 (122) 有关系统设备的若干问题 (125) 串行数字分量视频信号系统的稳态测量与误差分析 (125)

#### 第10章 彩色电视图像质量主观评价方法 (133)

基本概念 (133) 测试图片 (134) 观看条件 (134) 观看员 (135) 测试程序 (135) 评分制和评分等级 (136) 数据分析 (137)

## 应用篇 (139)

#### 第11章 电视中心视频设备的技术要求及其维护 (141)

电视播控系统 (141) 系统的主要技术指标 (141) 系统设备的维护与管理 (147) 维护中常用的检测方法 (148)

#### 第12章 广播用 CCD 摄像机电性能的测量 (188)

测量场地与布局 (188) 测量仪器及测试卡 (189) 测量项目及指标要求 (191) 测量方法及

相应条件 (192) 测量结果及问题讨论 (196)

### 第 13 章 录像机电性能的测试 (200)

测试仪器 (200) 测试系统 (201) 测试方法 (203) 测试项目 (203) 测试结果 (205) 主观评价讨论 (225)

### 第 14 章 电视自动监控系统 (227)

自动监控系统的构成 (227) FAMOS 自动监控系统 (229) 声音和插测信号的监控系统 TOPAS (232) 以 VSA 为核心的自动监测车 (232)

## 仪器篇 (233)

### 第 15 章 国产常用视频测量仪器及其使用 (235)

电视测试信号发生器 (235) 电视波形监视器 (241) 视频数字电平表 (246) 彩色增益和延迟测试仪 (249) 群延时测量仪 (256) 非线性失真测试仪 (259) 视频噪声测试仪 (263) 视频测试仪 (270)

### 第 16 章 国际通用视频测量仪器简介 (274)

TSG271 PAL 彩色电视信号发生器 (274) TSG300 分量电视信号发生器 (283) TSG422 数字分量电视信号发生器 (286) TSG601 串行数字分量信号发生器和 SDA601 串行数字分析仪 (289) VM700A 视频测量仪 (290) VM700A 视频测量仪 (290) WM101 经济型自动视频测量仪 (297) WFM300A 分量/复合波形监视器 (300) WFM601 系列串行数字分量波形监视器 (302) WFM601i 串行数字分量波形监视器 (305) WFM 601M 串行数字分量波形监视器 (306) 运用“钻石显示”避免彩色显示误差 (307) 1740A/1750A/1760 系列波形/矢量监视器 (310)

### 第 17 章 新仪器便览 (313)

TG2000 信号发生器 (313) 2714/2715 有线电视频谱分析仪 (316) CTS750 SDH/PDH 抖动测试仪 (319) CTS750 数字传输分析仪选件 14: 抖动和浮移发生器/接收器 (320) 抖动和漂移发生器/接收器; SJ300E SDH/SONET 抖动和漂移分析仪 (322) Fiber Master™ 光时域反射计 (OTDR) (323) DS1200 经济型电视解调系统 (324) CMP210 电缆测量系统及 CSS201 电缆电视系统软件 (325)

# 基础篇

|                                 |      |                                 |      |
|---------------------------------|------|---------------------------------|------|
| 绪论 .....                        | (5)  | 4.1.1 随机杂波的分类 .....             | (42) |
| 第1章 彩条信号的质量监测 .....             | (7)  | 4.1.2 随机杂波信杂比的<br>定义 .....      | (43) |
| 1.1 彩条信号的形成 .....               | (7)  | 4.1.3 随机杂波的滤波 .....             | (43) |
| 1.2 彩条信号的波形监测 .....             | (11) | 4.1.4 加权随机杂波 .....              | (46) |
| 1.2.1 彩条信号的波形参数 .....           | (11) | 4.1.5 连续随机杂波信杂比的<br>测量 .....    | (47) |
| 1.2.2 波形监视器的特点 .....            | (14) | 4.2 电源干扰 .....                  | (52) |
| 1.2.3 彩条信号的波形监测 .....           | (15) | 4.2.1 定义 .....                  | (52) |
| 1.3 彩条信号的矢量监测 .....             | (21) | 4.2.2 测量方法 .....                | (53) |
| 1.3.1 矢量示波器的构成 .....            | (21) | 4.3 单频干扰 .....                  | (53) |
| 1.3.2 矢量显示的原理 .....             | (22) | 4.3.1 定义 .....                  | (53) |
| 1.3.3 彩条矢量的监测 .....             | (22) | 4.3.2 测量方法 .....                | (53) |
| 1.4 彩条信号的图像监视 .....             | (26) | 4.4 脉冲干扰 .....                  | (53) |
| 第2章 反射损耗的测量 .....               | (28) | 4.4.1 定义 .....                  | (53) |
| 2.1 反射损耗 .....                  | (28) | 4.4.2 测量方法 .....                | (53) |
| 2.1.1 定义 .....                  | (28) | 4.5 串扰 .....                    | (54) |
| 2.1.2 测量原理 .....                | (28) | 4.5.1 定义 .....                  | (54) |
| 2.2 反射损耗的测量 .....               | (29) | 4.5.2 测量方法 .....                | (54) |
| 2.2.1 延时电缆法 .....               | (29) | 第5章 视频非线性失真 .....               | (55) |
| 2.2.2 反射损耗电桥法 .....             | (30) | 5.1 视频非线性失真 .....               | (55) |
| 2.3 反射损耗对图像质量的<br>影响及改善措施 ..... | (32) | 5.1.1 分类 .....                  | (56) |
| 第3章 介入增益及其稳定度的<br>测量 .....      | (34) | 5.1.2 平均图像电平对非线性<br>失真的影响 ..... | (56) |
| 3.1 介入增益 .....                  | (34) | 5.1.3 有关信号对非线性失真的<br>影响 .....   | (58) |
| 3.1.1 定义 .....                  | (34) | 5.2 亮度非线性失真 .....               | (58) |
| 3.1.2 视频电平测量 .....              | (35) | 5.2.1 定义 .....                  | (58) |
| 3.1.3 介入增益的测量 .....             | (38) | 5.2.2 测量方法 .....                | (59) |
| 3.2 动态介入增益变动 .....              | (38) | 5.3 色度信号对亮度信号的<br>交调失真 .....    | (62) |
| 3.2.1 定义 .....                  | (38) | 5.3.1 测量原理 .....                | (62) |
| 3.2.2 测量方法 .....                | (39) | 5.3.2 测试信号 .....                | (62) |
| 3.3 介入增益稳定度 .....               | (40) | 5.3.3 交调失真的读取 .....             | (63) |
| 3.3.1 定义 .....                  | (40) | 5.3.4 测量方法 .....                | (64) |
| 3.3.2 测量方法 .....                | (40) | 5.4 微分增益失真 .....                | (65) |
| 3.3.3 介入增益变动容限 .....            | (40) | 5.4.1 微分增益定义 .....              | (65) |
| 第4章 视频杂波的测量 .....               | (41) |                                 |      |
| 4.1 连续随机杂波 .....                | (41) |                                 |      |



|            |                       |             |
|------------|-----------------------|-------------|
| 5.4.2      | 微分增益的测量               | (66)        |
| 5.5        | 微分相位失真                | (69)        |
| 5.5.1      | 微分相位的定义               | (69)        |
| 5.5.2      | 微分相位的测量原理             | (69)        |
| 5.6        | 色度信号的非线性幅度失真          | (70)        |
| 5.7        | 同步信号的静态非线性失真          | (70)        |
| <b>第6章</b> | <b>视频线性失真</b>         | <b>(72)</b> |
| 6.1        | 视频线性失真                | (72)        |
| 6.1.1      | 原理                    | (72)        |
| 6.1.2      | 分类                    | (74)        |
| 6.2        | 频域测量                  | (75)        |
| 6.2.1      | 幅频特性的测量               | (75)        |
| 6.2.2      | 群延时测量                 | (76)        |
| 6.3        | 时域测量                  | (77)        |
| 6.3.1      | 测试信号的波形               | (77)        |
| 6.3.2      | 亮度信号的波形失真             | (78)        |
| 6.3.3      | 亮度信号线性失真 $K$ 系数评价法    | (84)        |
| 6.4        | 色度-亮度不等性的测量           | (87)        |
| 6.4.1      | 原理                    | (87)        |
| 6.4.2      | 测量方法                  | (87)        |
| <b>第7章</b> | <b>插入测试行方法</b>        | <b>(91)</b> |
| 7.1        | 视频通道的质量监测与插入测试行       | (91)        |
| 7.1.1      | 插入测试行信号 (ITS)         | (91)        |
| 7.1.2      | 国际电视插入测试行信号位置的规定      | (91)        |
| 7.1.3      | 国内电视插入测试行信号           | (92)        |
| 7.2        | 测试行信号的应用              | (94)        |
| 7.3        | 插入测试行设备               | (94)        |
| 7.3.1      | 插测信号 (ITS) 发生器的控制功能   | (95)        |
| 7.3.2      | 测试信号特性                | (95)        |
| 7.3.3      | 指标与规格                 | (96)        |
| <b>第8章</b> | <b>模拟分量视频信号及其参数测量</b> | <b>(98)</b> |

|        |                 |       |
|--------|-----------------|-------|
| 8.1    | 分量信号的含义         | (98)  |
| 8.2    | 分量视频信号及通道的特性    | (99)  |
| 8.2.1  | 信号特性            | (99)  |
| 8.2.2  | 通道特性            | (99)  |
| 8.3    | 分量测试信号及其参数      | (101) |
| 8.3.1  | 彩条信号            | (102) |
| 8.3.2  | 阶梯波信号           | (102) |
| 8.3.3  | 扫频信号            | (103) |
| 8.3.4  | 多波群信号           | (103) |
| 8.3.5  | 多脉冲信号           | (104) |
| 8.3.6  | 正弦平方波和条脉冲信号     | (104) |
| 8.3.7  | 场方波信号           | (105) |
| 8.3.8  | 平场信号            | (105) |
| 8.3.9  | 挖芯信号            | (106) |
| 8.3.10 | 蝴蝶结信号           | (107) |
| 8.4    | 分量视频通道的测量       | (108) |
| 8.4.1  | 分量视频通道的反射损耗     | (108) |
| 8.4.2  | 分量视频通道介入增益及其稳定度 | (108) |
| 8.4.3  | 分量视频通道的信杂比      | (110) |
| 8.4.4  | 分量视频通道的非线性失真    | (111) |
| 8.4.5  | 分量视频通道的线性失真     | (111) |
| 8.4.6  | 分量三通道的增益和时延差    | (112) |
| 8.4.7  | 挖芯信号的测量         | (116) |
| 8.4.8  | 分量信号无效指示        | (116) |

|            |                        |              |
|------------|------------------------|--------------|
| <b>第9章</b> | <b>串行数字分量视频信号系统的测量</b> | <b>(117)</b> |
| 9.1        | CCIR 601 号建议书的主要内容     | (117)        |
| 9.1.1      | 4:2:2 标准的编码参数          | (117)        |
| 9.1.2      | 4:4:4 标准的编码            | (118)        |
| 9.2        | CCIR 611 号建议书中的数字接口标准  | (118)        |

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 9.2.1 并联接口 .....                 | (118) |
| 9.2.2 串行码接口 .....                | (120) |
| 9.2.3 CCIR 656 号建议书的<br>形成 ..... | (120) |
| 9.3 串行信号的原理及<br>应用 .....         | (120) |
| 9.4 有关同轴电缆的问题 .....              | (122) |
| 9.5 有关系统设备的若干<br>问题 .....        | (125) |
| 9.5.1 数字视频系统的<br>特点 .....        | (125) |
| 9.5.2 A/D 和 D/A 转换器 .....        | (125) |
| 9.5.3 相位调整问题 .....               | (125) |
| 9.5.4 混合系统 .....                 | (125) |
| 9.6 串行数字分量视频信号<br>系统的稳态测量与误差     |       |

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 分析 .....          | (125) |
| 9.6.1 技术指标 .....  | (126) |
| 9.6.2 眼图的观察 ..... | (127) |
| 9.6.3 误差分析 .....  | (127) |

## 第 10 章 彩色电视图像质量主观

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 评价方法 .....          | (133) |
| 10.1 基本概念 .....     | (133) |
| 10.2 测试图片 .....     | (134) |
| 10.3 观看条件 .....     | (134) |
| 10.4 观看员 .....      | (135) |
| 10.5 测试程序 .....     | (135) |
| 10.6 评分制和评分等级 ..... | (136) |
| 10.6.1 五级质量制 .....  | (136) |
| 10.6.2 五级损伤制 .....  | (136) |
| 10.6.3 七级比较制 .....  | (137) |
| 10.7 数据分析 .....     | (137) |



# 绪 论

测量，是人们对客观事物取得数量概念的一种认识过程，是确定一些量值或找出量值与量值之间关系的手段。

无线电电子测量就是其中的一种。为了了解设备的工作状态，可以先测量它的电压、电流值；为了表征设备的质量，可以制订出便于用仪器检验的指标，如增益、频响、失真度和信杂比等项目。这些都是常用的、标志无线电广播设备和音频通道质量的参数。

视频测量也属于这一类。在广播电视技术飞速发展的今天，视频测量技术已派生为一个独立的分支。其测量方法和测量手段也在日新月异，并正在向智能化和数字化的方向发展。

由于电视图像质量的评价要受到主观和客观两方面的制约，因此在制订视频测试项目时，一定要从图像和人眼的特性出发，如音频指标，要从声音和人耳特性出发一样，只是各自的测试信号不同而已。这是我们研究的重点。

按一般的理解，通过电子测试图确定图像质量或看看彩条颜色正不正也就可以了，但这并非视频测量的主要目的。进行视频测量的出发点在于：通过对图像失真现象、测试信号失真量的大小提出影响失真的因素，进而将一些综合表现尽可能地孤立化、数量化并提出相应的指标容限、订出技术条件乃至确定易于识别失真的种种测试信号，这才是整个视频测量技术所要研究的主要内容。同时，不仅要对图像中能感觉到的质量下降通过测试找出明确的额定值或容差来，还要做到当被测图像的质量差异在视觉能力范围内不易识别的时候，利用测量手段可将这些差异显示出来。因此，视频测量的关键在于发现问题和解决问题。一旦视频通道中有了问题，立即就能发现并将故障排除，防患于未然。

广播电视节目的制作和传播，不外乎通过摄像机（由光变电信号）、录像机（由电变磁信号）通过广播设备或磁带放像（由磁变电信号）进行传播，然后再送到显像管（由电变光信号）观看。

所有这一切，总括起来若进行测量的话应称之为电视测量，它涉及的领域很多，本书所讲的只是其中的一部分，即视频通道部分。它主要指摄像器件之后的有关电参数的测量（包括摄像机视频信号处理电路、录像机、制作和播出设备、射频解调后的参数）。由于这些部位正是日常工作中最易出现故障的地方，因此也是维护工作者最为关切的部分。

自 50 年代起，国际无线电咨询委员会 (CCIR) 就推荐了很多有关视频通道的测量方法。我国根据 CCIR 的推荐，于 1983 年颁布了有关“彩色电视广播”和“电视视频通道测试方法”等一系列国家标准。这里将援引这些标准，并通过实用仪器资料系统介绍实施这些测量的方法和有关技术方案。

从国标 GB3659-83《电视视频通道测试方法》中不难看出，“测试项目”及“测试信号”可归纳为五大项指标、10 种测试信号。

这五大指标是：反射损耗、介入增益及其稳定度、视频杂波、非线性失真和线性失真。

10种测试信号为：场方波信号、 $2T$  正弦平方波和条脉冲信号、多波群信号、阶梯波信号、阶梯波叠加副载波信号、250kHz 方波信号、副载波填充的  $10T$  和条脉冲信号、 $10T$  和条脉冲调制的副载波信号、三电平色度信号以及平场信号等（参见国标 GB3659 中 2.1~2.10）。

用这些测试信号，通过不同的组合方式，可以对视频设备、系统链路、传送节目的收、发端等各个环节进行质量检查。通常有指标测量和监测两种形式。

指标测量多指用单一测试信号在不广播的情况下，精细地逐项进行测量，常称为全场测试方式。如设备购入以及系统安装完毕后所进行的验收测量；经大修后的测试也采用此种方式，并以此作为确认是否合格的依据。

监测则是指在正常运行的情况下（无需中止广播）随时都能对通道进行质量检查的方式。它包括对视频通道、系统设备等的检验。监测的前提条件是要有场逆程插入的测试信号（详见第7章）。

综上所述，视频测量的重点在于检验视频通道的质量指标，保证图像的传送质量和免受外界影响；图像受损伤的程度也可进一步降低。

由于受彩色电视必须与黑白兼容的制约，长期以来各国沿用的复合电视信号存在着致命的弱点。如亮度和色度信号的相互影响、传输过程中的相位敏感等问题，迫使着人们不断地探索。近年来，分量电视信号的研究使电视传输质量得以提高，色、亮干扰的问题得到了改善， $DG$ 、 $DP$  之类的失真已不复存在。分量录像机和分量切换台等设备的相继问世，又促进了分量演播系统的建立，分量测量信号也从沿用的 10 种测试信号中派生出来……于是，相应的分量信号仪器便应运而生。串行数字分量视频信号的国际化、标准化推动了数字测量技术的发展。显然，实用串行数字信号测量仪器及其测量方法也要相继推出，尽管尚欠完善，但标准化工作已近完成。这一切，也都将在后面的章节中有所涉猎。

# 第 1 章

## 彩条信号的质量监测

彩条信号是检验视频通道传输质量的一种常用信号。尽管它无法用于通道的指标测量，但它可以方便地将复合电视信号的幅度、周期、色调、饱和度、色同步相位及其与各色条间的向量关系等显示得十分清晰而精确。

依据它可以做以下几方面的检测：

### 1、作为简单的电子图像使用

由彩条信号发生器送出的彩条信号通常是标志电视台将开播的信号，可供全系统的初始调试。包括从发射台到家庭电视接收机都可以通过它来检验波形、矢量或有没有图像、颜色如何等。

### 2、录像带带头按规定都要录制一分钟的彩条

这一分钟彩条可供录像机调整各部分工作状态使用。检查项目有信号幅度、同步周期（用示波器看波形）、色同步幅度及与各彩条间相位关系（用矢量示波器观察矢量间相位差）等，从而保证录像机视频通道的增益、行延时及副载波的相移量等各种参数的确认。

### 3、摄像机内设彩条信号发生器

当选择开关置于“彩条”时，摄像机的输出即为彩条。它可供判断除摄像器件及第一级预放器以外的全部电路，主要是视频处理电路（包括编码器在内）。同时它还可作为电子图像源，供讯道调试使用。

### 4、可供作同步锁定信号

当同步机输出的黑场信号不够用时，彩条信号也可代替（只取其复合同步部分）。

### 5、供录像机维修、调试用

整盘录有“标准彩条”信号的录像带，可供录像机在维修、调试时作为工具（磁头信号源）使用。

## 1.1 彩条信号的形成

彩条信号在屏幕上显示的图像是八条等宽的竖直色条，其颜色从左至右依次为白、黄、青、绿、品、红、蓝、黑。其中红、绿、蓝三色的主波长即为显像管三基色荧光粉发光的主波长。而白条的白，在色域图中的坐标位置为  $D_{50}$ （理论值）。实际沿用的情况如下：彩色的重现是由显像管来完成的，重现质量直接与显像三基色的选取有关。显像三基色坐标位置的选择应使重现色域（色三角面积）尽可能大。

图 1-1 中所示为显像三基色的重现色域图。图中，点划线区域内表示的是 CIE 规定的

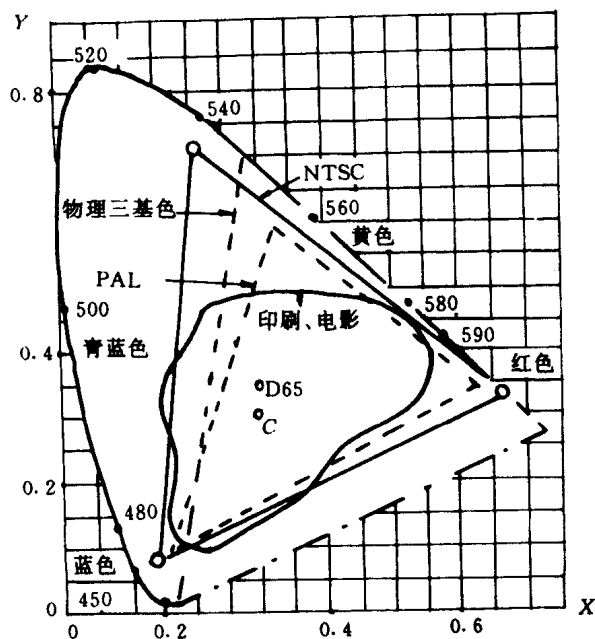


图 1-1 显像三基色的重现色域图

物理三基色三角形。它包围了较大的面积，并且包括了波长从 550~700nm 高饱和度的红、橙、黄、绿等常见的各种鲜艳颜色。但实际上，显像管三基色的选取要受到荧光粉生产能力的限制。表 1-1 给出了几种组合，这些组合在一定程度上满足彩色电视对亮度的要求，但重现的色域都要较 CIE 规定的物理三基色范围要小。牺牲一些高饱和度和重显色域来换取较高的重现彩色亮度是合算的。因为在亮度较低的情况下，受外界照射的杂散光影响，饱和度高也显示不出来。

从表 1-1 中的第一组基色组合从所围的三角形看，重现色域不仅已基本上包括了日常生活中常见的颜色，而且远比印刷、电影胶片所能重现的色彩丰富

得多；第二组数据所围的三角形从面积上看较第一组要小，但荧光粉发光的效率要较第一组为高。两组数据的出现是随着彩色电视制式而来的，第一组先期是供 NTSC 制使用的，故有时称为 NTSC 制显像三基色坐标；第二组是后来 PAL 制制订的规范，故又称 PAL 制显像三基色坐标。实际上显像基色的选取与电视制式并无内在联系，所以第一组至今仍被广泛地作为计算标准。包括后来又研制出来发光效率高二倍的荧光粉，其坐标数据（如第三组所示）也不排斥按原标准进行计算。

表 1-1 彩色三基色的几种组合

| 基色与光源<br>坐标 | 第一组基色<br>(NTSC)    |                    |                    | 第二组基色<br>(PAL)     |                    |                    | 第三组 (高效)<br>基色 |       |       | 光源             |                 |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------|-------|-------|----------------|-----------------|
|             | [Re <sub>1</sub> ] | [Ge <sub>1</sub> ] | [Be <sub>1</sub> ] | [Re <sub>2</sub> ] | [Ge <sub>2</sub> ] | [Be <sub>2</sub> ] | [Re]           | [Ge]  | [Be]  | C <sub>白</sub> | D <sub>65</sub> |
| X           | 0.670              | 0.210              | 0.140              | 0.640              | 0.290              | 0.150              | 0.618          | 0.316 | 0.153 | 0.310          | 0.313           |
| Y           | 0.330              | 0.710              | 0.080              | 0.330              | 0.600              | 0.060              | 0.339          | 0.592 | 0.074 | 0.316          | 0.329           |

当加到显像管上的三路基色电压相等时，荧光屏应呈白光。但白的标准是什么？彩色电视发展初期规定 C<sub>白</sub> 为标准白光，因为它接近白天的自然光。但是，实际运用中对标准白坐标的选取常有变化。例如，为了提高白场的亮度，要充分利用绿、蓝荧光粉的光效，而使白场色温较高。如趋近于 9300K。随着荧光粉研制工作的进展，红色荧光粉的光效有所提高，并通过对自然光波谱分布的进一步分析和研究表明，相关色温为 6504K 的白光其光谱更接近自然光，因此以 D<sub>65</sub> 做标准白。

常用的标准彩条有两种，即 100-0-100-0 和 100-0-75-0。其中第一个 100 为白条幅度值，0 为黑条电平值；第二个 100（或 75）为色条信号亮度值，以白条幅度值作参考；最后一个

0 则为色条信号最小值。两种彩条的排列和颜色都一样，区别仅在于彩条的饱和度和亮度，常简称为 100% 或 75% 彩条，其形成过程波形图如图 1-2 (a)、(b) 所示。实际测量时统一使用 75% 彩条，其复合全电视信号波形图如图 1-3 所示。

从图 1-2 中可见，彩条颜色的顺序之所以要按白、黄、青、绿、品、红、蓝、黑排列，首先要从三基色电子彩条的波形来看 (R、G、B)。为了使显像管三个电子枪上得到的以行

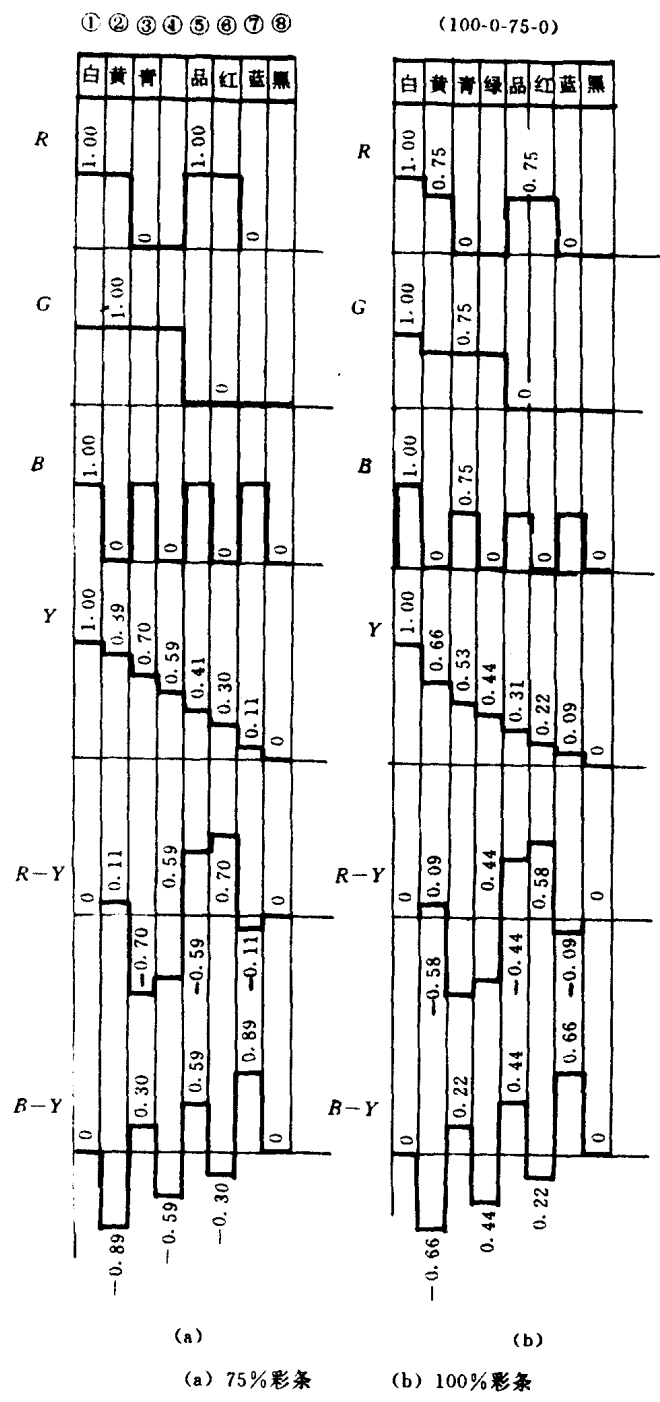


图 1-2 彩条形成波形图



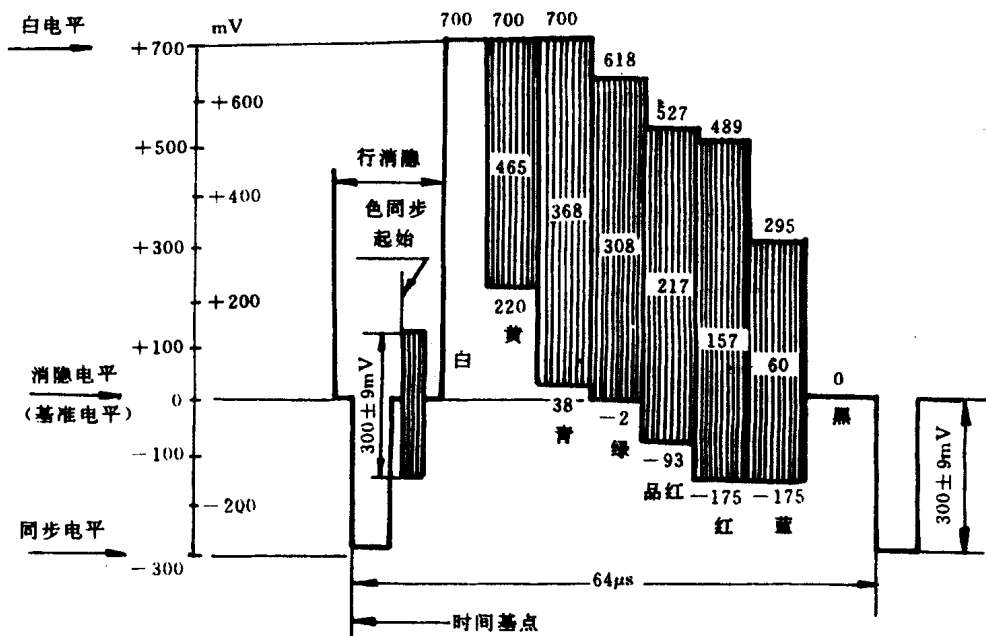


图 1-3 一行 75% 彩条信号波形图

频为基准的  $R$ 、 $G$ 、 $B$  等幅脉冲，设计时考虑到了既要保证三基色单独出现，又能显示各基色的补色，所以设计出了以三种不同宽度的脉冲来组合彩条的方案。由这三种基本波形可分别相加出八种颜色来，即

第一条， $R$ 、 $G$ 、 $B$  均为 1，所以①= $R+G+B$  为白；

第二条， $B$  为 0，所以②= $R+G$  为黄；

第三条， $R$  为 0，所以③= $G+B$  为青；

第四条， $R$ 、 $B$  均为 0，所以④= $G$  为绿；

以此类推， $R$ 、 $G$ 、 $B$  均为 0 时的⑧为黑。

其次，是亮度信号  $Y$  的波形。各个阶梯的数值都是按亮度方程来合成的，即

$$E_Y = 0.3E_R + 0.59E_G + 0.11E_B \quad ①$$

以 100-0-100-0 彩条为例，图 1-2 (a) 所示亮度信号  $Y$  的各阶值分别为

① 白条  $Y=0.3+0.59+0.11=1.00$

② 黄条  $Y=0.3+0.59+0=0.89$

③ 青条  $Y=0+0.59+0.11=0.70$

④ 绿条  $Y=0+0.59+0=0.59$

⑤ 品条  $Y=0.3+0+0.11=0.41$

⑥ 红条  $Y=0.3+0+0=0.30$

⑦ 蓝条  $Y=0+0+0.11=0.11$

⑧ 黑条  $Y=0$

① 此方程并非 PAL 制的理论方程，而是沿用 NTSC 制的显像基色，以  $C_{白}$  作为标准白的计算亮度方程。