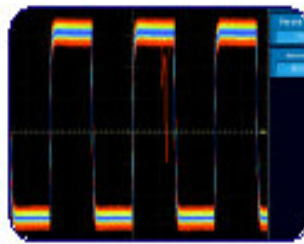


▶ 数字电视基础标准介绍之四 ITU709 标准



目录

数字电视基础标准介绍之四(ITU709 标准)— 高清晰度电视参数标准.....	2
第一部分 与常规电视有关的高清晰度电视系统	3
第二部分 方型像素通用影像格式的高清晰度电视系统.....	18

数字电视基础标准介绍之四 (ITU709 标准)

— 高清晰度电视参数标准

ITU-R BT.709-4 “高清晰度电视标准用于制作和国际间节目交换的参数值”是数字电视又一基础标准。这里介绍的 BT.709-4 是 2000 年版本。2000 年 6 月 6 日由国家广播电影电视总局发布了我国广播电视行业的相关标准—GY/T 155-2000 “高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值”。该标准于 2000 年 12 月 1 日开始实施。

和其它 ITU 标准一样, ITU-R BT.709-4 标准在正文前也介绍了国际电信联盟无线电通信委员会在制定高清晰度电视参数值时所考虑的有关问题。这些方面是:

- a) 许多年来, 在一些国家已经制作出了高清晰度电视节目;
- b) 高清晰度电视制作标准的参数值应当有最大的通用性;
- c) 两种高清晰度电视扫描标准(1125/60/2:1 和 1250/50/2:1)已初步开发, 为此, 相当数量的参数在世界范围内被认同, 而且它的一些设备仍继续使用;
- d) 提供方形像素取样和多种隔行、逐行图像速率的 1920 像素乘 1080 行的高清晰度电视通用影像格式已经用于数字电视、计算机成像和其它一些应用(在本建议书中, 术语像素“Pixel”用于描述数字域中的图像元素);
- e) 对所有这些系统规定的参数都满足高清晰度电视的质量目标设置;
- f) 胶片制品是高清晰度电视广播的重要节目源。反过来说, 高清晰度电视制作系统的使用也对胶片节目制作有重要益处;
- g) 各种高清晰度电视系统间的高质量转换以及下变换到 525/625 电视系统已经成功地实现。
- h) 利用这些标准制作和编档保存的节目将不会过时。

ITU 无线电通信委员会还建议:

- 1. 对于高清晰度电视节目制作和国际交换, 应当采用本建议书第一部分或第二部分描述的系统之一;
- 2. 对于新的高清晰度电视节目制作和国际交换, 优先选用第二部分描述的系统。

ITU-R BT.709-4 共分两大部分: 第一部分介绍“与常规电视有关的高清晰度电视系统”; 第二部分描述“方形像素通用影像格式的高清晰度电视系统”。

第一部分 与常规电视有关的高清晰度电视系统

第一部分共讲述 6 个问题，它们分别是：1.光电转换；2.图像特性；3.图像扫描特性；4.信号格式；5.模拟表示；6.数字表示。要特别注意：ITU-R BT.709-4 标准所有表格中的黑体字符区都表示是在世界范围内已经认同的参数值。

下面将就这 6 个问题分别进行论述。

1. 光电转换

ITU-R BT.709-4 标准规定的光电转换特性如下表所示：

ITU-R BT.709-4

条款号	参数	数值	
		1125/60/2:1	1250/50/2:1
1.1	非线性预校正前的光电转换特性	设定线性	
1.2	源端总光电转换特性	$V=1.099L^{0.45}-0.099$ 当 $1 \geq L \geq 0.018$ $V=4.500L$ 当 $0.018 > L \geq 0$ 式中： L :影像亮度 $0 \leq L \leq 1$ V :对应的电信号	
1.3	色坐标(CIE1931) 基色 — 红(R) — 绿(G) — 蓝(B)	x 0.640 0.300 0.150	y 0.330 0.600 0.060
1.4	设定基色信号相等时的色度 (基准白) $E_R=E_G=E_B$	x 0.3127	y 0.3290

GY/T155-2000 标准规定的 HDTV 节目制作光电转换特性见下表 1:

GY/T155-2000 表 1.HDTV 节目制作光电转换特性

	项目	数值								
1	γ 校正(非线性预校正)前的光电转换特性	设定线性								
2	源端总光电转换特性(注)	$E' = 1.099^{0.45} L - 0.095$ 当 $0.018 \leq L \leq 1.33$ $E' = 4.500L$ 当 $-0.0045 \leq L < 0.018$ $E' = -\{1.099 \times (-4L)^{0.45} - 0.099\} / 4$ 当 $-0.25 \leq L < -0.0045$ 其中 L 是由基准白电平归一化得到的基色信号电压,与光的强度成正比。 E' 是 γ 校正后的基色信号电压。								
3	色坐标 (CIE1931) 基色 红 绿 蓝	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="padding: 0 10px;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">y</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">0.640</td> <td style="padding: 0 10px;">0.330</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">0.330</td> <td style="padding: 0 10px;">0.600</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">0.150</td> <td style="padding: 0 10px;">0.060</td> </tr> </table>	x	y	0.640	0.330	0.330	0.600	0.150	0.060
x	y									
0.640	0.330									
0.330	0.600									
0.150	0.060									
4	设定基色信号相等时的色度(基准白) $E_R = E_G = E_B$	<table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">D_{65}</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">y</td> </tr> <tr> <td style="padding: 0 10px;">0.3127</td> <td style="padding: 0 10px;">0.3290</td> </tr> </table>	D_{65}		x	y	0.3127	0.3290		
D_{65}										
x	y									
0.3127	0.3290									
注: 1. $L < 0$ 和 $L > 1$ 时的 γ 校正, 只适用于扩展色域系统; 常规色域系统中, γ 校正的范围为 $0 \leq L \leq 1$ 。 2. 常规色域: R、G、B 输出信号限制在 0 到 1 之间的、受基色三角形限定的传输色域。 3. 扩展色域: 符合 ITU-R BT.1361 规定的宽传输色域。										

ITU-R BT.709-4 与 GY/T 155-2000 标准在光电转换特性规定上的差别主要表现为: 在源端总光电转换特性方面, ITU-R BT.709-4 的 L 范围为 $0 \leq L \leq 1$ 。而在 GY/T 155-2000 中, L 范围是 $-0.25 \leq L \leq 1.33$ 。 $L < 0$ 和 $L > 1$ 时的非线性预校正, 只适用于扩展色域系统。在常规系统中, $0 \leq L \leq 1$ 。常规色域是 R、G、B 输出信号限制在 0 到 1 之间的、受基色三角形限定的传输色域。而扩展色域是符合 ITU-R BT.1361 规定的宽传输色域。

2. 图像特性

ITU-R BT.709-4 规定的图像特性如下表:

ITU-R BT.709-4

条款号	参数	数值	
		1125/60/2:1	1250/50/2:1
2.1	幅型比	16:9	
2.2	有效行取样数	1920	
2.3	取样点阵	正交	
2.4	每幅图像有效行数	1035	1125

GY/T 155-2000 的图像特性见下表 2:

GY/T 155-2000 表 2. HDTV 节目制作图像特性

	参数	数值
1	幅型比	16:9
2	行有效取样数	1920
3	取样结构	正交
4	帧有效行数	1080
5	像素形状	方型(1:1)

在 ITU-R BT.709-4 中规定的每幅图像有效行数, 对 1125/60/2:1 格式为 1035 行, 在 1250/50/2:1 格式是 1125 行。而在 GY/T155-2000 标准中规定的帧有效行数为 1080 行, 并在标准中给出对像素形状的要求: 方型(1:1)。

3. 图像扫描特性

ITU-R BT.709-4 标准规定的图像扫描特性如下表:

ITU-R BT.709-4

条款号	参数	数值	
		1125/60/2:1	1250/50/2:1
3.1	取样扫描顺序	从左到右, 从上到下, 第一场的第一行在第二场的第一行之上。	
3.2	隔行比	2:1	
3.3	图像速率	30	25
3.4	总行数	1125	1250
3.5	场频(Hz)	60	50
3.6	行频(Hz)	33750±0.001%	31250±0.0001%

GY/T 155-2000 标准规定的图像扫描特性如该标准的表 7 所示:

GY/T 155-2000 表 7.HDTV 节目制作图像扫描特性

	参数(单位)	数值	
1	图像扫描顺序	从左到右, 从上到下。隔行时, 第一场的第一行在第二场的第一行之上	
2	帧总行数	1125	
3	隔行比	2:1(隔行)	1:1(逐行)
4	帧频(Hz)	25	24
5	行频(Hz)	28125.000±0.001%	27000.000±0.001%
6	每行总取样点数		
	R、G、B、Y C _B 、C _R	2640 1320	2750 1375
7	模拟信号标称带宽 (MHz)	30	
8	R、G、B、Y 取样频率 (MHz)	74.25	
9	C _B 、C _R 取样频率 (MHz)	37.125	

因 ITU-R BT.709-4 标准针对的格式为 1125/60/2:1 和 1250/50/2:1, 而 GY/T 155-2000 标准规定的格式为 1125/25/2:1 和 1125/24/1:1, 所以除“取样扫描顺序(图像扫描顺序)”外, 其它各项参数规定的数值都有所差别。另外在 GY/T 155-2000 标准中, 把每行总取样点数、模拟信号标称带宽和 R、G、B、Y 取样频率及 C_B、C_R 取样频率都列入了图像扫描特性。而在 ITU-R BT.709-4 标

准中,把“标称信号带宽”列入第5个问题“模拟表示”;将“取样频率(R、G、B、Y及 C_B 、 C_R)”和“整行取样数”列入第6个问题“数字表示”中。

4. 信号格式

经常使用的R、G、B、Y、 C_B 、 C_R ,通常分别对应于伽马预校正后的信号 E'_R 、 E'_G 、 E'_B 、 E'_Y 、 E'_{CB} 、 E'_{CR} 。

ITU-R BT.709-4 标准规定的信号格式如下表:

ITU-R BT.709-4

条款号	参数	数值	
		1125/60/2: 1	1250/50/2: 1
4.1	基色信号的概念非线性预校正。	$\gamma=0.45$ (见 1.2 项)	
4.2	亮度信号 E'_Y 的导出式(1)	$E'_Y=0.2126E'_{R+}$ $0.7152E'_{G+}$ $0.0722E'_{B}$	$E'_Y=0.299E'_{R+}$ $0.587E'_{G+}$ $0.114E'_{B}$
4.3	色差信号(模拟编码)的导出式(1)	$E'_{CB}=0.5389(E'_{B-}$ $E'_Y)$ $E'_{CR}=0.6350(E'_{R-}$ $E'_Y)$	$E'_{CB}=0.564(E'_{B-}$ $E'_Y)$ $E'_{CR}=0.713(E'_{R-}$ $E'_Y)$
4.4	色差信号(数字编码) C_B 、 C_R 的导出式	4.3 项值的数字定标。	

(1)公式的系数按照 SMPTE RP177-1993 中规定值计算。

GY/T 155-2000 规定的信号格式如该标准中的表 3 所示。

GY/T 155-2000 表 3.HDTV 节目制作信号格式

	项目	数值
1	基色信号的 γ 校正值	$\gamma=0.45$ (参见表 1 第 2 项)
2	亮度信号 E'_Y 的导出式 (模拟编码)	$E'_Y=0.2126 E'_{R+}+0.7152E'_G$ $+0.0722 E'_B$
3	色差信号 E'_{CB} 、 E'_{CR} 的导出式 (模拟编码)	$E'_{CB}=(E'_{B-} E'_Y)/1.8556$ $E'_{CR}=(E'_{R-} E'_Y)/1.5748$
4	亮度和色差信号的导出式 (数字编码)	见表 4

在 ITU-R BT.709-4 标准中, 对 1125/60/2:1 和 1250/50/2:1 格式规定的亮度信号 E'_Y 的导出式和色差信号 E'_{CB} 、 E'_{CR} 的导出式有很大差别。GY/T 155-2000 标准中规定的亮度信号 E'_Y 的导出式和色差信号 E'_{CB} 、 E'_{CR} 的导出式与 ITU-R BT.709-4 标准中的 1125/60/2:1 格式的对应导出式完全相同。

在这里还要特别指出:在 GY/T 155-2000 中还给出了“HDTV 节目制作数字编码方程(亮度和色度信号的数字编码导出式), 见下面表 4。而在 ITU BT.709-4 标准中却没有直接给出相应的部分。

GY/T155-2000 表 4.HDTV 节目制作数字编码方程

项目	方程	
模拟 R、G、B 亮度及色差信号的量化表达式	常规色域系统	$D'_R = \text{INT}[(219E'_R + 16) \times 2^{n-8}]$ $D'_G = \text{INT}[(219E'_G + 16) \times 2^{n-8}]$ $D'_B = \text{INT}[(219E'_B + 16) \times 2^{n-8}]$ $D'_Y = \text{INT}[(219E'_Y + 16) \times 2^{n-8}]$ $D'_{CB} = \text{INT}[(224E'_{CB} + 128) \times 2^{n-8}]$ $D'_{CR} = \text{INT}[(224E'_{CR} + 128) \times 2^{n-8}]$
	扩展色域系统	$D''_R = \text{INT}[(160E'_R + 48) \times 2^{n-8}]$ $D''_G = \text{INT}[(160E'_G + 48) \times 2^{n-8}]$ $D''_B = \text{INT}[(160E'_B + 48) \times 2^{n-8}]$ $D''_Y = \text{INT}[(219E'_Y + 16) \times 2^{n-8}]$ $D''_{CB} = \text{INT}[(224E'_{CB} + 128) \times 2^{n-8}]$ $D''_{CR} = \text{INT}[(224E'_{CR} + 128) \times 2^{n-8}]$
量化后的 R、G、B 信号导出的亮度及色差信号表达式	常规色域系统	$D'_Y = \text{INT}[0.2126D'_R + 0.7152D'_G + 0.0722D'_B]$ $D'_{CB} = \text{INT}[(-0.2126/1.8556D'_R - 0.7152/1.8556D'_G + 0.9278/1.8556D'_B) \times 224/219 + 2^{n-1}]$ $D'_{CR} = \text{INT}[(0.7874/1.5748D'_R - 0.7152/1.5748D'_G - 0.0722/1.5748D'_B) \times 224/219 + 2^{n-1}]$
	扩展色域系统	$D''_Y = \text{INT}[\{(0.2126D''_R + 0.7152D''_G + 0.0722D''_B) - 48 \times 2^{n-8}\} \times 219/160 + 16 \times 2^{n-8}]$ $D''_{CB} = \text{INT}[(-0.2126/1.8556D''_R - 0.7152/1.8556D''_G + 0.9278/1.8556D''_B) \times 224/160 + 2^{n-1}]$ $D''_{CR} = \text{INT}[(0.7874/1.5748D''_R - 0.7152/1.5748D''_G - 0.0722/1.5748D''_B) \times 224/160 + 2^{n-1}]$

注:

1. n 为信号的量化比特数。
2. $\text{INT}[x]$ 表示对 x 的小数部分进行四舍五入后取整。
3. 由量化后的 R、G、B 信号导出的亮度和色差信号表达式中系数的取整优化算法见 ITU-R BT.1361 中的附录 2。

5. 模拟表示

IUT-R BT.709-4 标准中, 有关模拟参数规定如下:

ITU-R BT.709-4(电平单位为 mV, 并在跨接 75Ω 匹配终端时测量。)

条款号	参数	数值	
		1125/60/2:1	1250/50/2:1
5.1	标称电平(mV) E'_R 、 E'_G 、 E'_B 、 E'_Y	基准黑电平:0 基准白电平:700 (见图 1)	
5.2	标称电平(mV) E'_{CB} 、 E'_{CR}	± 350 (见图 1)	
5.3	同步信号形式	双极性三电平 (见图 2)	
5.4	行同步定时参考	O_H (见图 2)	
5.5	同步电平(mV)	$\pm 300 \pm 2\%$	
5.6	同步信号定时	(见表 1 和图 3)在所有分量信号上的同步	(见图 4) — 上升时间 $50 \pm 10\text{ns}$ (10~90%之间) — 见注(1)
5.7	分量间定时准确度	无适用值	$\pm 2\text{ns}$
5.8	消隐间隔	(见表 1 和图 5)	(见表 2 和表 3)
5.9	标称信号带宽 (MHz)	30(对所有分量)	

(1) 采用 R、G、B、信号时,至少绿色(G)通道带有同步; 分离的同步传送也可接受。当采用 Y、 C_B 、 C_R 信号时, 至少 Y 信号带有同步。

BT.709-4 图 1.分量信号上的同步电平(图附于本资料后)

BT.709-4 图 2.同步信号形式(图附于本资料后)

BT.709-4 图 3. 1125/60/2:1 系统的行同步信号波形(图附于本资料后)

BT.709-4 图 4. 1250/50/2:1 系统的行同步信号波形(图附于本资料后)

ITU-R BT.709-4 表 1. 1125/60/2:1 系统同步信号的电平和定时规范(见图 3 和图 5)

符号	参数	标称值	参考时钟间隔	容限
a	负向行同步宽度	0.593 μ s	44	$\pm 0.040\mu$ s
b	有效视频结束	1.185 μ s	88	+0.080 μ s/-0 μ s
c	正向行同步宽度	0.593 μ s	44	$\pm 0.040\mu$ s
d	籍位期间	1.778 μ s	132	$\pm 0.040\mu$ s
e	有效视频开始	2.586 μ s	192	+0.080 μ s/-0 μ s
f	上升/下降时间	0.054 μ s	4	$\pm 0.020\mu$ s
t_2-t_1	上升沿的对称性	-	-	$\pm 0.002\mu$ s
S_m	负向脉冲幅度	300mV	-	± 6 mV
S_p	正向脉冲幅度	300mV	-	± 6 mV
V	视频信号幅度	700mV	-	-
-	场消隐间隔	45 行/场	99000	-

ITU-R BT.709-4 图 5. 1125/60/2:1 系统的场同步信号波形(图附于本资料后)

ITU-R BT.709-4 表 2. 1250/50/2:1 系统行定时细节(见图 4、图 6 和图 7)

条款号	参数	时间(μ s)	2.25MHz 取样	72MHz 取样
1	全行长度	32	72	2304
2	有效行长度(1)			
	— 数字	26.67	60	1920
	— 模拟	26.00	(58.5)	1872
3	行消隐(2)			
	— 数字	5.33	12	384
	— 模拟	6.00	(13.5)	432
4	前肩(2)	0.89	2	64
5	后肩(2)	2.67	6	192
6	三电平同步半宽度(T — 同步)	0.89	2	64
7	场脉冲	8.00	18	576

- (1) 模拟和数字有效行的相对位置假定按照 ITU-R BT.601(附件 1, 部分 A)确定的方案(即, 对称)。模拟有效行从行消隐后信号的半高点开始测量。上升和下降时间假定为 15ns, 但要经过认可。在演播室或播放输出, 模拟消隐应更好地提供。
- (2) 前肩定义为有效视频结束和三电平同步脉冲前负沿半高点间的间隔。同样, 后肩是三电平同步后负沿半高点和有效视频开始间的间隔(见图 6)。

ITU-R BT.709-4 表 3. 1250/50/2:1 系统的场定时细节(见图 7 和图 8)

条款号	参数	数值/说明
1	每帧总行数	1250
2	每场总行数	625
3	每帧有效行数	1152
4	每场有效行数	576
5	帧参考 O_V	第一行的 O_H 点
6	帧指示	在第 1250 行
7	场指示	在第 625 行
8	第一场有效行	第 45 行到第 620 行(包括在内)
9	第二场有效行	第 670 行到第 1245 行(包括在内)
10	场消隐	第 1246 行到第 44 行和第 621 行到第 669 行(包括在内)

ITU-R BT.709-4 图 6. 1250/50/2:1 系统 D/A 变换后和最终模拟消隐前的行同步定时参数(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 7. 1250/50/2:1 系统的帧和场识别(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 8. 1250/50/2:1 系统在场消隐间隔期间的信号定时(图附于本资料后)。

GY/T 155-2000 标准规定的 HDTV 节目制作模拟参数见表 5。

GY/T 155-2000 表 5.HDTV 节目制作模拟参数

	参数(单位)	数值	备注
1	E'_R 、 E'_G 、 E'_B 、 E'_Y 标称电平(mV)	基准黑电平:0 基准白电平:700 (见图 1)	75 Ω 终接
2	E'_{CB} 、 E'_{CR} 标称电平(mV)	± 350 (见图 1)	75 Ω 终接
3	同步信号形式	双极性三电平 (波形见图 2)	
4	行同步定时基准	O_H (见图 2)	
5	同步信号电平(mV)	$\pm 300 \pm 2\%$	75 Ω 终接
6	同步信号定时关系	在所有分量上同步 (见图 3、图 4 和表 8)	
7	消隐间隔	见表 8、表 9、图 3、图 4 和图 5	
8	场同步定时基准	O_V (见图 4)	

在 ITU-R BT.709-4 “5.模拟表示”的 5.7 条规定了分量间定时准确度, 对 1250/50/2:1 系统为 $\pm 2\text{ns}$, 而在 GY/T 155-2000 中未对此参数作出规定。另外, 在 ITU-R BT.709-4 标准中该项的 5.9 条规定的“标称信号带宽”, 在 GY/T 155-2000 列入了表 7.HDTV 节目制作图像扫描特性的第 7 条。

GY/T 155-2000 图 1.分量信号上的同步电平(图附于资料后)。它与 ITU-R BT.709-4 标准中的图 1 完全一样。

GY/T 155-2000 图 2.行同步信号波形(图附于本资料后)。它也与 ITU-R BT.709-4 的图 2 完全相同。

GY/T 155-2000 图 3.行同步信号定时关系和幅度(图附于本资料后)。它与 ITU-R BT.709-4 标准中图 3 基本相同。只是在 ITU-R BT.709-4 的图 3 中标出了表示同步上升沿对称性的 t_1 和 t_2 。而在 GY/T 155-2000 的图 3 中则未标出。

对应于 ITU-R BT.709-4 标准中表 1 的是 GY/T 155-2000 标准中的表 8,如下所示:

GY/T 155-2000 表 8.HDTV 节目制作定时关系和电平特性(注)

符号	参数(单位)	系统数值	
		1125/25/2:1	1125/24/1:1
T	取样时钟周期(μs)	1/74.25	
a	负向行同步宽度(T)	44 \pm 3	
b	有效视频结束(T)	528+6 -0	638+6 -0
c	正向行同步宽度(T)	44 \pm 3	
d	籍位宽度(T)	132 \pm 3	
e	有效视频开始(T)	192+6 -0	
f	升/降时间(T)	44 \pm 1.5	
	有效时间(T)	1920+0 -12	
S _m	负向行同步脉冲幅度(mV)	300 \pm 6	
S _p	正向行同步脉冲幅度(mV)	300 \pm 6	
V	视频信号振幅(mV)	700	
H	整行时间(T)	2640	2750
g	半行时间(T)	1320	1375
h	场/帧同步宽度(T)	800 \pm 3	1980 \pm 3
k	场/帧同步脉冲结束(T)	308 \pm 3	638 \pm 3

注:

1. 见图 3、图 4 和图 5。
2. “T”表示基准时钟周期或亮度取样频率的倒数。
3. “行”开始于该行的行同步基准 O_H (包含),结束于下一行开始的 O_H (不含)。

GY/T 155-2000 图 4.场/帧同步信号波形(图附于本资料后)。它对应于 ITU-R BT.709-4 标准的图 5。

在 GY/T 155-2000 标准中,没有给出与 ITU-R BT.709-4 “表 2 对 1250/50/2:1 系统的行定时细节”和“表 3.对 1250/50/2:1 系统的场定时细节”相对应的有关规定。

GY/T 155-2000 图 5.场/帧同步信号细节(图附于本资料后)。它对应于 ITU-R BT.709-4 标准中的图 7。

6. 数字表示

ITU-R BT.709-4 标准对有关数字参数规定如下:

ITU-R BT.709-4

条款号	参数	数值	
		1125/60/2:1	1250/50/2:1
6.1	编码信号	R、G、B 或 Y、C _B 、C _R	
6.2	取样点阵 — R、G、B、Y	正交, 逐行重复和图像重复	
6.3	取样点阵信号 — C _B 、C _R	正交, 逐行重复和图像重复, 相互重合并与 Y(亮度)取样隔点重合(1)	
6.4	取样频率(MHz) — R、G、B、Y	(2.25MHz 的倍数)	
		74.25±0.001% (33×2.25)	72±0.0001% (32×2.25)
6.5	取样频率(MHz) — C _B 、C _R	(亮度取样频率的一半)	
		37.125±0.001% (33/2×2.25)	36±0.0001% (32/2×2.25)
6.6	整行取样数 — R、G、B、Y、 — C _B 、C _R	2200	2304
		1100	1152
6.7	每行有效取样数 — R、G、B、Y、 — C _B 、C _R	1920	
		960	
6.8	编码格式	线性, 8 或 10 比特/分量	
6.9	模拟同步参考 O _H 与视频数据间的定时关系(以时钟周期表示)	192	256
6.10	量化电平(2) — 黑电平 R、G、B、Y、 — 消色电平 C _B 、C _R — 标称峰值电平 — R、G、B、Y、 — C _B 、C _R	8 比特编码	
		16 128	
6.11	量化电平分配(3) — 视频数据 — 定时参考(2)	235	
		16 和 240	
6.12	滤波器特性(4) — R、G、B、Y、 — C _B 、C _R	8 比特编码	
		1~254 0 和 255	
6.12	滤波器特性(4) — R、G、B、Y、 — C _B 、C _R	见图 9A	见图 10A
		见图 9B	见图 10B

- (1) 第一有效色差取样与第一个有效亮度取样共位。
- (2) 对 1125/60/2:1 — 在 10 比特表示情况下, 两个最低有效位被忽略。
- (3) 对 1125/60/2:1 — 10 比特编码的两个最低有效位加到 8 比特码字。
对 1250/50/2:1 — 10 比特表示正在研究中。
- (4) 规定这些滤波器模板作为指导。

ITU-R BT.709-4 图 9A.1125/60/2:1 系统 R、G、B 和 Y 信号的滤波特性(图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

ITU-R BT.709-4 图 9B.1125/60/2:1 系统 C_B 和 C_R 信号的滤波器特性(图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

注 1 — 在 b)和 c)中, 最低频率值为 100kHz(代替 0MHz)。

ITU-R BT.709-4 图 10A.1250/50/2:1 系统 R、G、B 和 Y 信号的滤波器特性。(图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

注 1 — 在数字设备中:

- 在 700MHz 以上, 插入损耗至少应为 55dB(虚线模板);
- 在半幅点附近的幅度/频率特性(在线性刻度上)应为斜对称;
- 群时延失真应设计为零。

注 2 — 波动和群时延规定为相对于它们的 5kHz 值。

ITU-R BT.709-4 图 10B.1250/50/2:1 系统 C_B 和 C_R 信号的滤波器特性(图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

注 1 — 在数字设备中:

- 超过 35MHz, 插入损耗至少应为 55dB(虚线模板);
- 在半幅点的幅度/频率特性(在线性刻度上)应为斜对称;
- 群时延失真应设计为零。

注 2 — 波动和群时延规定为相对于它们的 5kHz 值。

GY/T 155-2000 的 HDTV 节目制作数字参数见下面表 6:

GY/T 155-2000 表 6.HDTV 节目制作数字参数

	参数	数值	
1	编码信号	R、G、B 或 Y、C _B 、C _R	
2	R、G、B、Y 取样结构	正交, 取样位置逐行逐帧重复	
3	C _B 、C _R 取样结构	正交, 取样位置逐行逐帧重复, 取样点相互重合, 与亮度取样点隔点重合(1)	
4	每行有效取样点数 R、G、B、Y C _B 、C _R	1920 960	
5	编码格式	线性, 10 或 8 比特/分量样值(2)	
6	量化电平(2) R、G、B、Y 黑电平 C _B 、C _R 消色电平 R、G、B、Y 标称峰值电平 C _B 、C _R 标称峰值电平	10 比特编码 64 512 940 64 和 960	8 比特编码 16 128 235 16 和 240
7	量化电平分配 视频数据 同步基准	10 比特编码 4~1019 0~3 和 1020~1023	8 比特编码 1~254 0 和 255
8	滤波器特性(3) R、G、B、Y、 C _B 、C _R	见图 6 见图 7	
注:			
1. 每行每帧第一个有效色差样点与第一个有效亮度样点重合。			
2. 节目制作优选 10 比特编码。			
3. 滤波器模板作为指导。			

在 GY/T 155-2000 标准“表 6.HDTV 节目制作数字参数”中的规定与 ITU-R BT.709-4 标准“数字表示”中的规定基本相同。只是在 ITU-R BT.709-4 中, 针对 1125/60/2:1 和 1250/50/2:1 两种格式给出了“取样频率”、“整行取样数”、“模拟同步参考 O_H 与视频数据间的定时关系”等参数, 而这些在 GY/T 155-2000 标准的表 6 中却没有相应的规定。

GY/T 155-2000 图 6.R、G、B 和 Y 信号的滤波特性(图附于本资料后)。它与 ITU-R BT.709-4 标准的图 9A 相对应。

GY/T 155-2000 图 7.C_B、C_R 的滤波特性(图附于本资料后)。它与 ITU-R BT.709-4 标准中的图 9B 相对应。

以上是对 ITU-R BT.709-4 第一部分的论述，下面介绍该标准的第二部分。

第二部分 方型像素通用影像格式的高清晰度电视系统

引言

通用影像格式(CIF)是指具有不依赖于图像速率的通用图像参数值的格式。它规定了下列图像速率: 60Hz、50Hz、30Hz、25Hz 和 24Hz。对 60Hz、30Hz 和 24Hz 系统, 还规定了这些值被 1.001 分频的图像速率。这些系统的参数值作为参考提供在下面第 6 个问题表中的括号内。

图像规定采用逐行捕获(P)和隔行捕获(I)。逐行捕获图像可用逐行发射机(P)传送或逐行分段发射机(PsF)传送。隔行捕获图像用隔行发射机(I)传送。可参考附件 1 对分段帧传送的描述。

这就产生了下列图像速率和传送方式的组合:

系统	捕获(Hz)	传送
60/P	60 逐行	逐行
30/P	30 逐行	逐行
30/PsF	30 逐行	分段帧
60/I	30 隔行	隔行
50/P	50 逐行	逐行
25/P	25 逐行	逐行
25/PsF	25 逐行	分段帧
50/I	25 隔行	隔行
24/P	24 逐行	逐行
24/PsF	24 逐行	分段帧

在逐行捕获的影像以分段帧传送或分段帧信号在逐行格式中处理的情况下, 应遵守下列规则(见图 11):

- 行编号应按顺序从捕获帧顶到捕获帧底;
- 逐行捕获影像的第 1 有效行和第 1080 有效行应分别对应于总行数为 1125 行的总行第 42 行和总行第 1121 行;
- 逐行捕获影像的奇数有效行(1、3.....1079)应对应于分段帧接口的总行第 21 行到总行第 560 行;
- 逐行捕获影像的偶数有效行(2、4.....1080)应对应于分段帧接口的总行第 584 行到 1123 行。

按照这些规则, 分段帧传送与隔行传送具有相同的行编号。

ITU-R BT.709-4 图 11. 逐行影像在逐行或分段帧传送接口中的编排(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 的第二部分也从 6 个方面来阐明其特性。它们分别是：1. 光电转换；2. 图像特性；3. 信号格式；4. 模拟表示；5. 数字表示；6. 图像扫描特性。下面分别进行论述：

1. 光电转换

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/l	50/P	25/P	25/PsF	50/l	24/P	24/PsF
1.1	非线性预校正前的光电转换特性	设定线性									
1.2	源端总光电转换特性(1)	$V=1.099L^{0.45}-0.099$ 当 $1 \geq L \geq 0.018$ $V=4.500L$ 当 $0.018 > L \geq 0$ 式中： L: 影像亮度 $0 \leq L \leq 1$ V: 对应的电信号									
1.3	色坐标 (CIE1931) 基色 — 红(R) — 绿(G) — 蓝(B)	x					y				
		0.640					0.330				
		0.300					0.600				
		0.150					0.060				
1.4	设定基色信号相等时的色度 (基准白) $E_R=E_G=E_B$	D65									
		x					y				
		0.3127					0.3290				

(1) 对于常规和扩展色域系统的色度参数和非线性特性，建议书 ITU-R BT.1361 给出了详细的规范。

ITU-R BT.709-4 第二部分规定的光电转换特性参数值与第一部分的规定值完全一样。

2. 图像特性

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
2.1	幅型比	16:9									
2.2	有效行取样数	1920									
2.3	取样点阵	正交									
2.4	每幅图像有效行数	1080									
2.5	像素宽高比	1:1(方型像素)									

ITU-R BT.709-4 第二部分的图像特性除了“每幅图像有效行数”与第一部分不一样外，其它参数完全一样。但它的所有参数值都与 GY/T 155-2000 的图像特性完全相同。

3. 信号格式

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
3.1	基色信号的概念非线性预校正	$\gamma=0.45$ (见 1.2 项)									
3.2	亮度信号 E'_Y 的导出式	$E'_Y=0.2126 E'_R+0.7152 E'_G+0.0722 E'_B$									
3.3	色差信号的导出式(模拟编码)	$E'_{CB}=(E'_B - E'_Y)/1.8556$ $E'_{CR}=(E'_R - E'_Y)/1.5748$									
3.4	亮度和色差信号的导出式(数字编码)	见建议书 ITU-R BT.1361(1)									

(1)为得到数字编码系数以及用于 8 到 16 比特量化系统的实际系数值，建议书 ITU-R BT.1361 给出了通用的计算规则。

ITU-R BT.709-4 第二部分对信号格式的规定与第一部分中对 1125/60/2:1 系统规定的信号格式参数值完全一样。它也与 GY/T 155-2000 标准中的相关规定完全一致。

4. 模拟表示

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
4.1	标称电平 (mV) E'_R 、 E'_G 、 E'_B 、 E'_Y	基准黑:0 基准白:700 (见图 13B)									
4.2	标称电平 (mV) E'_{CB} 、 E'_{CR}	± 350 (见图 13B)									
4.3	同步信号形式	双极性三电平 (见图 13A)									
4.4	行同步定时参考	O_H (见图 13A)									
4.5	同步电平 (mV)	$\pm 300 \pm 2\%$									
4.6	同步信号定时	所有分量上的同步 (见表 4、图 12 和图 13)									
4.7	消隐间隔	(见表 4、图 12 和图 13)									

ITU-R BT.709-4 标准第二部分对“模拟表示”规定的参数与第一部分的相应参数完全一致。它也与 GY/T 155—2000 标准规定的相应参数完全相同。

5. 数字表示

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
5.1	编码信号	R、G、B 或 Y、 C_B 、 C_R									
5.2	取样点阵 — R、G、 B、Y	正交，行重复和图像重复									
5.3	取样点阵 — C_B 、 C_R	正交，行重复和图像重复，相互重合并与 Y(亮度)取样隔点重合(1)									
5.4	每行有效取样数 — R、G、 B、Y — C_B 、 C_R	1920 960									
5.5	编码格式	线性，8 或 10 比特/分量									
5.6	量化电平	8 比特编码					10 比特编码				

	— 黑电平 R、G、 B、Y	16	64
	— 消色电 平 C_B 、 C_R	128	512
	— 标称峰 值 R、G、 B、Y	235	940
	C_B 、 C_R	16 和 240	64 和 960
5.7	量化电平分 配 — 视频数据 — 定时参考	8 比特编码	10 比特编码
		1~254 0 和 255	4~1019 0~3 和 1020~1023
5.8	滤波器特性 (2) — R、G、 B、Y — C_B 、 C_R	见图 14A	
		见图 14B	

(1) 第一个有效色差取样与第一个有效亮度取样共位。

(2) 这些滤波器模板作为指南。

ITU-R BT.709-4 第二部分的“数字表示”与第一部分相比,除了没有列入与扫描格式有关的取样频率、整行取样数以及模拟同步参考 O_H 与视频数据间的定时关系等项目外,其它参数值与第一部分的规定完全一样。它与 GY/T 155-2000 标准在项目和参数值的规定上完全相同。

6. 图像扫描特性

条款号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
6.1	在扫描系统中的取样顺序	从左到右, 从上到下, 对于隔行和分段帧系统, 第一场的第一有效行在图像的顶部									
6.2	总行数	1125									
6.3	场频/帧频/段频 (Hz)	60 (60/ 1.001)	30 (30/ 1.001)	60 (60/ 1.001)	50	25	50	24 (24/ 1.001)	48 (48/ 1.001)		
6.4	隔行比	1:1		2:1		1:1		2:1		1:1	
6.5	图像速率 (Hz)	60 (60/ 1.001)	60 (60/1.001)		50	25		24 (24/1.001)			
6.6	行频(1) (Hz)	67500 (67500/ 1.001)	33750 (33750/ 1.001)		56250	28125		27000 (27000/ 1.001)			
6.7	整行取样数 — R、G、 B、Y — C _B 、C _R	2200 1100			2640 1320			2750 1375			
6.8	标称模拟信号带宽 (2)(MHz)	60	30		60	30					
6.9	取样频率 — R、G、 B、Y(MHz)	148.5 (148.5/ 1.001)	74.25 (74.25/ 1.001)		148.5	74.25		74.25 (74.25/1.001)			
6.10	取样频率 (3) — C _B 、C _R (MHz)	74.25 (74.25/ 1.001)	37.125 (37.125/ 1.001)		74.25	37.125		37.125 (37.125/ 1.001)			

(1) 频率容限为±0.001%。

(2) 带宽指所有分量。

(3) C_B、C_R取样频率是亮度取样频率的一半。

在 ITU-R BT.709-4 第一部分 3.图像扫描特性中,对 1125/60/2:1 系统的规定,与上表中对 60/I 系统的规定相对应。而第一部分对 1250/50/2:1 系统的规定则与上表中对 24/P 的规定相一致。

在 GY/T 155-2000 标准的表 7.HDTV 节目制作图像扫描特性中,对 1125/50/2:1 系统的规定与上表中对 24/P 的规定相一致。

在 GY/T155-2000 标准的表 7.HDTV 节目制作图像扫描特性中, 对 1125/50/2:1 系统的规定与上表中对 50/I 系统的规定相对应。而对 1125/24/1:1 系统的规定则与上表中对 24/p 系统的规定相一致。

ITU-R BT.709-4 第二部分的电平和行定时规范见下面表 4。

ITU-R BT.709-4 表 4. 电平和行定时规范(见图 12 和图 13)

符号	参数	系统值									
		60/P	30/P	30/PsF	60/I	50/P	25/P	25/PsF	50/I	24/P	24/PsF
T	参考时钟周期(μ s)	1/148.5 (1.001/148.5)	1/74.25 (1.001/74.25)		1/148.5	1/74.25		1/74.25		1/74.25 (1.001/74.25)	
a	负极性行同步宽度 (1)(T)	44 \pm 3									
b	有效视频结束(2)(T)	88+6 -0			528+6 -0			638+6 -0			
c	正极性行同步宽度(T)	44 \pm 3									
d	籍位期间(T)	132 \pm 3									
e	有效视频开始(T)	192+6 -0									
f	上升/下降时间(T)	44 \pm 1.5									
-	有效行持续时间(T)	1920+0 -12									
S _m	负脉冲幅度(mV)	300 \pm 6									
S _p	正脉冲幅度(mV)	300 \pm 6									
V	视频信号幅度(mV)	700									
H	总的行持续时间(T)	2200			2640			2750			
g	半行持续时间(T)	1100			1320			1375			
h	垂直同步宽度(T)	1980 \pm 3		880 \pm 3	1980 \pm 3		880 \pm 3	1980 \pm 3		880 \pm 3	
k	垂直同步脉冲结束(T)	88 \pm 3			528 \pm 3		308 \pm 3	638 \pm 3		363 \pm 3	

- (1) “T”表示参考时钟的周期或时钟频率的倒数。
- (2) 一“行”开始于行同步定时基准 O_H (包含),并刚好在下一个 O_H (不含)前结束。

ITU-R BT.709-4 第一部分表 1. “1125/60/2:1 系统同步信号的电平与定时规范”对应于上表中 60/I 系统的规定。而在 GY/T 155-2000 标准的表 8. “HDTV 节目制作行定时关系和电平特性”中对 1125/25/2:1 系统的规定与上表中对 50/I 系统的规定完全相同;而对 1125/24/1:1 系统的规定则与上表中对 24/P 系统的规定完全一致。

ITU-R BT.709-4 图 12A.场/帧/段同步信号波形(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 12B.场/帧/段同步信号波形细节(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 13A. 行同步信号波形(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 13B. 分量信号上的同步电平(图附于本资料后)。

ITU-R BT.709-4 图 14A. R、G、B 和 Y 信号的指导性滤波器特性(信息资料,图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

注 1 — f_s 表示亮度取样频率,其值在第二部分第 6.9 项中给出。

注 2 — 波动和群时延规定为相对于它们在 100kHz 时的值。

ITU-R BT.709-4 图 14B. C_B 和 C_R 信号的指导性滤波器特性(信息资料,图附于本资料后)。

- a) 插入损耗/频率特性模板
- b) 通带波动容限
- c) 通带群时延容限

注 1 — f_s 表示亮度取样频率,其值在第二部分第 6.9 项中给出。

注 2 — 波动和群时延规定为相对于它们在 100kHz 时的值。

以上是对 ITU-R BT.709-4 标准第二部分的论述。下面介绍第二部分的附件 1(信息资料)的有关内容。附件 1 共讲述 4 个问题:1. 背景; 2. 24 帧/秒制作; 3. 逐行/隔行的兼容性; 4. 信号编排。下面分别进行介绍。

ITU-R BT.709-4 第二部分的附件 1 的标题为“分段帧”,它不是标准的正

文, 而以信息资料给出。那么, 什么是“分段帧”呢? 本建议书上下文中的术语“分段帧”是指图像以逐行方式捕获, 而分两段传送。一段包含逐行影像的奇数行, 第二段为逐行影像的偶数行。

1. 背景

目前使用的电视系统通常采用隔行捕获(采集)和传送。这些系统的帧/场速率为 50/60Hz, 以这样的速率呈现在阴极射线管(CRT)显示器件上时, 不需要任何相关的图像闪烁校正。未来的电视系统将支持隔行和逐行两种捕获及其显示技术。

除了支持隔行和逐行捕获及显示外, 还将有扩展的帧速率与新的显示技术一起被支持。若干年后, 将出现新老技术的混合。

具体地说, PsF 技术仅打算用于帧速率为 30Hz 或更低的情况。

大百分率的电视广播节目制作在胶片上, 它的帧速率为 24/秒, 有时是 30 帧/秒。过去的做法是进行后期制作, 通过编辑胶片以生成完整的胶片节目。通过使用 3: 2 下拉技术, 最终, 胶片应变换成 60Hz 视频。对于 25Hz 播放胶片应通过在 25 帧/秒上运行 24 帧胶片来实现变换。

对于后期制作, 胶片变换成的 60Hz(场)隔行视频是通用图像, 一旦要变换胶片, 需建立一个基于 60Hz(场)视频速率(而不是原来的 24Hz 原始胶片帧速率)的编辑判定表。从 24Hz 胶片到 60Hz(场)视频的变换过程会引入许多工作问题, 如 3:2 下拉的跟踪和分离场的编辑等。另外, 当需要 25Hz 视频拷贝材料时, 或者需要重新整合, 或者标准变换 30Hz 到 25Hz, 这会带来一定质量损伤。

目前的设备能够进行变换、后期制作, 以及对原始的胶片材料以原来的 24 帧/秒帧速率在世界范围内分配。

2. 24 帧/秒制作

利用逐行捕获, 胶片材料可以变换为 1920×1080 的 CIF(通用影像格式)。这种变换将提供最高分解力的捕获, 而没有 3:2 下拉人为产物并从没有质量损伤的单一主盘建立 30Hz 帧速率和 25Hz 帧速率版本。

通过播放 24 帧/秒原片和在重放过程中 3:2 下拉和插入, 可生成 30Hz 帧速率的拷贝。这种处理还有维护重放过程 3:2 下拉序列的优点, 以使任何下游图像处理(例如, MPEG 编码器)不受任何 3:2 不连续性的影响。

25Hz 帧速率拷贝可通过以稍快的 25Hz 速率回放 24Hz 胶片速率原片来生成, 而没有图像质量损失。

除了简单地变换胶片原始材料,可料想以 24 帧/秒速率进行影像的电捕获,这将为制作界提供另一种工具,以从各种源无缝集成影像。

3. 逐行/隔行的兼容性

在可预见的未来,后期制作界有一个为逐行和隔行两种电视信号格式提供必要条件的需求。因此,任何新的信号格式(例如,24P,原胶片帧速率)将需要与 25Hz 和 30Hz 系统的隔行格式共存。监视 24 帧/秒系统的约束之一是图像闪烁,它在 CRT 上显示 24 帧/秒信号时出现。隔行系统通过每秒 60 次/50 次更新 CRT 荧光物质使闪烁变得最小。对 24 帧/秒系统引起的闪烁至少有两种解决办法,可在每个监视器中建立一个帧存储或提供一个仿效隔行更新速率的信号给监视器。

24PsF/25PsF/30PsF 是传送格式,它提供给监视器件的信号更新速率可直接监视原帧速率的内容。

应注意:有些情况,使用者可能想在不同于原帧速率的情况下监视 24 帧/30 帧资料。

采用 24PsF/25PsF/30PsF 决不会限制利用较新的平板显示来监视信号。

第二个可能使用 24PsF/25PsF/30PsF 传送格式的地方是在数字后期制作开关区。通用开关设计可能经济地处理隔行和逐行两种信号并可询址终端用户希望通用设备工作在隔行和逐行格式时要求。隔行信号和 PsF 信号的数字接口是通用的,仅信号内容不同。

4. 信号编排

24PsF/25PsF/30PsF 传送格式按照本建议书的规定编排逐行影像到隔行数字串行接口(见图 11)。

用于影像捕获和影像传送的行编号约定已在第二部分的引言中描述(也见图 11)。

与隔行图像同样的行编号用于 PsF 的分段帧格式。

sF(分段帧)格式与任何隔行格式特性无关。它是传送以 24/25/30Hz 速率捕获的逐行影像的一种方法。在这些低频率下捕获,可能要求特殊的监视方面的考虑。sF(分段帧)传送格式是想提供一个经济的解决办法而仍保持与隔行系统兼容。