

# 有线电视系统测量方法

Methods of measurement on cable television systems

## 1 主题内容与适用范围

本标准规定了有线电视系统的测量方法，对于能确保同样测量准确度的任何等效测量方法也可以应用。有争议时，应以本标准规定为准。

本标准适用于有线电视系统工程验收、质量评价和技术维护的测量。

## 2 引用标准

GB 6510-86 30MHz~1GHz声音和电视信号的电缆分配系统

GY/T 106-92 有线电视广播系统技术规范

## 3 性能参数

见表1。

表 1

序号	项 目	单 位	GY/T 106 技术规范规定	测量方法	备 注
1	系统输出口电平	dB $\mu$ V	60~80	4.1	
2	任意频道间电平差	dB	$\leq 10$ $\leq 8$ (任意60MHz内)	4.1	
3	相邻频道间电平差	dB	$\leq 3$	4.1	
4	图像/伴音电平差 (V/A)	dB	14~23(邻频) 7~20(非邻频)	4.1	
5	频道内频响	dB	$\pm 2$	4.3	
6	载噪比(C/N)	dB	$\geq 43$ (噪声带宽:5.75MHz)	4.2	
7	载波复合三次差拍比 (C/CTB)	dB	$\geq 54$	4.4	利用无调制 载波测量

续表

序号	项 目	单 位	GY/T 106 技术规范规定	测量方法	备 注
8	交扰调制比(CM)	dB	$46 + 10Lg(N - 1)$ N: 频道数	4.5	
9	交流声调制(HM)	%	$\leq 3$	4.6	见注
10	微分增益(DG)	%	$\leq 10$	4.9	
11	微分相位(DP)	度	$\leq 10$	4.10	
12	色度/亮度时延差 ( $\Delta\tau$ )	ns	$\leq 100$	4.11	
13	回波值	%	$\leq 7$	4.12	
14	图像载频准确度	kHz	$\pm 25$	4.7	
15	图像/伴音载频间距	kHz	$\pm 5$	4.7	
16	系统输出口相互隔离度	dB	$\geq 30$ (VHF) $\geq 22$ (其它)	4.8	

注：本方法中交流声调制测量采用的是NCTA方法，用百分比表示，相应的技术要求为不大于3%（GY/T 106规定为不小于66dB）

#### 4 测量方法

##### 4.1 图像和伴音载波电平

###### 4.1.1 定义

a. 图像载波电平：在75Ω终端上调制包络峰处（同步头）的图像载波电压的有效值，以dBμV表示。

b. 伴音载波电平：在75Ω终端上无调制声音载波电压的有效值，以dBμV表示。

###### 4.1.2 测量步骤

a. 测量方框图如图1所示

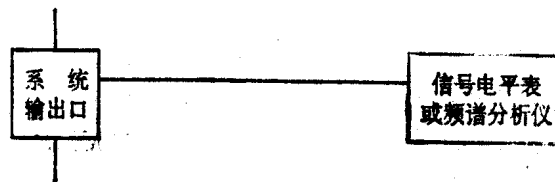


图 1 载波电平测量

b. 调谐信号电平表或频谱分析仪找到被测的图像载波信号。

c. 记录图像载波电平读数，同时应记录环境温度和测量时间。

d. 以同样方法测量伴音载波电平。

e.所有的频道测完之后，整理分析测量的数据，可以得到以下的性能参数测量结果：系统输出口电平，任意频道间电平差，相邻频道间电平差，图像/伴音功率比（V/A）。

## 4.2 载噪比

### 4.2.1 定义：

系指图像载波电平有效值与规定带宽内系统噪声电平均方根值之比，用dB表示，即：

$$C/N = 20 \lg \frac{\text{图像载波电平有效值}}{\text{噪声电平均方根值(规定带宽内)}}$$

噪声带宽  $BW = 5.75\text{MHz}$

### 4.2.2 测量步骤

a.测量方框图如图2所示

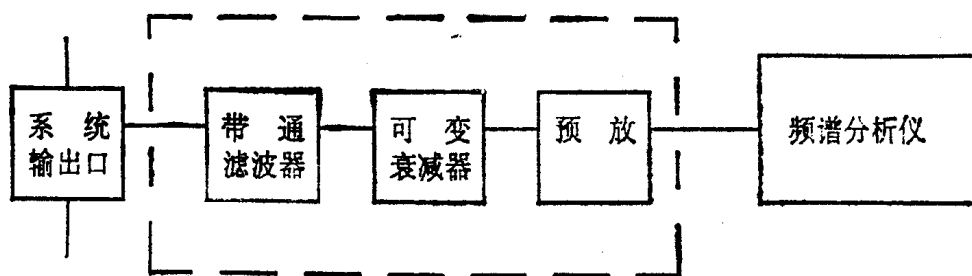


图2 C/N 测量

b.调谐频谱分析仪找到被测的图像载波，置于屏幕的中心。

c.调整频谱分析仪处于如下状态，并测量图像载波电平：

中频分辨率带宽： 300kHz  
 视频滤波器带宽： 300kHz最小  
 对数标度： 2dB/div  
 扫频宽度： 1MHz/div  
 扫描时间： 自动

d.微调频谱分析仪，使图像载波位于显示屏的中心。

e.调整基准电平控制使图像载波峰位于频谱分析仪的顶刻度线下，此时的基准电平，即图像载波电平值，记为A。

注：加扰电视设备影响载波电平的测量时，应该关掉加扰功能。

f.测量噪声，调整频谱分析仪处于如下状态：

中频分辨率带宽： 30kHz（宽带也可以用）  
 视频滤波器带宽： 100Hz（不能大于300Hz）  
 对数标度： 10dB/div  
 扫频宽度： 1MHz/div  
 扫描时间： 自动

g.必要时可重新调谐图像频率使信号位于中心。

注：未使用带通滤波器，可调整频谱分析仪的衰减器防止过载，但需返回到上述的c，重新测量图像载波电平。

h.在频道内测量，应从被测频道上去掉调制信号，保留有源设备的供电以便保证全部前端信道噪声处在正常状态。对于开路频道，从信号处理器输入端或预放输入端取下天线的

引线, 输入端口给予终接。对于其它频道, 应断开基带视频信号, 并且给予终接, 不得采用关掉处理器、预放、调制器供电的方法。

- i. 调频谱分析仪使被测的噪声位于显示屏的中央, 即移动载波向左 2 至 3 MHz, 测到的噪声电平, 记为 B。于是:

$$(C/N)_{\text{未修正}} = A - B \quad (1)$$

当有视频调制使得在规定的带宽范围内分不清噪声时, 应去掉视频调制或者在频道的边缘进行测量。可用实际噪声相加的方法来解决。

注: 某些现代的频谱分析仪智能化程度比较高, 可以自动进行计算和修正某些或全部结果, 详细情况应查阅仪器使用说明书。

#### 4.2.3 从以上测量的结果减去如下的修正系数:

- a. 带宽修正系数应按下式计算:

$$C_1 = 10 \lg \frac{B_{1v}}{B}$$

式中:  $B_{1v}$  —— 规定的噪声带宽, 对于 PAL-D,  $B_{1v} = 5.75 \text{ MHz}$

$B$  —— 测量仪器的中频分辨带宽

- b. 对数检波瑞利 (Rayleigh) 噪声:  $C_2 = +2.5 \text{ dB}$

c. 中频等效噪声带宽差异修正系数  $C_3$ : 可参阅使用仪器说明, 如中频带宽是下降 3dB 处的带宽时, 则  $C_3 = -0.52 \text{ dB}$ 。

d. 被测噪声与频谱分析仪底噪声相差小于 10dB 时的修正系数  $C_4$ ,  $C_4$  可从附录 A 修正曲线上查出。

- e. 载噪比修正按下式计算:

$$C/N = (C/N)_{\text{未修正}} - (C_1 + C_2 + C_3 + C_4) \quad (2)$$

4.2.4 300MHz 系统至少应测量 6 个频道, 450MHz 系统应测 7 个频道, 550MHz 系统应测 8 个频道。其中应包括系统最高和最低频道。

### 4.3 频道内频响

#### 4.3.1 定义:

系指系统输出口的电视频道内幅频特性, 用 dB 表示。

(包括前端调制器, 处理器在内的整个系统的响应)

#### 4.3.2 测量步骤

- a. 测量方框图如图 3 所示

b. 测量调制器频道时将视频多波群信号直接连接到被测频道的调制器视频输入端。测量处理器频道时, 视频多波群信号需经测试调制器变成 RF 信号之后再接到被测频道的处理器 RF 输入端, 测试调制器的输出电平应与被测频道处理器输入电平一致。(测试调制器的残留边带滤波器去掉)。

- c. 用户端测试点直接与频谱分析仪连接。

- d. 频谱分析仪调整如下:

中心频率: 被测频道的中心频率

中频分辨率带宽: 30kHz 或 3kHz

垂直标度: 5 dB/div 或 1dB/div

扫描时间: 自动

扫频宽度 1MHz/div或0.5MEz/div

e. 记录 $f, -0.5\text{MHz}$ 至 $f, +5\text{MHz}$ 之间的最大幅度 $A_{max}$ 和最小幅度 $A_{min}$

f. 频道内频率响应按下式计算:

$$\text{频道内频率响应} = \pm 0.5 \times 20 \text{Lg} \frac{A_{max}}{A_{min}} \quad (\text{dB})$$

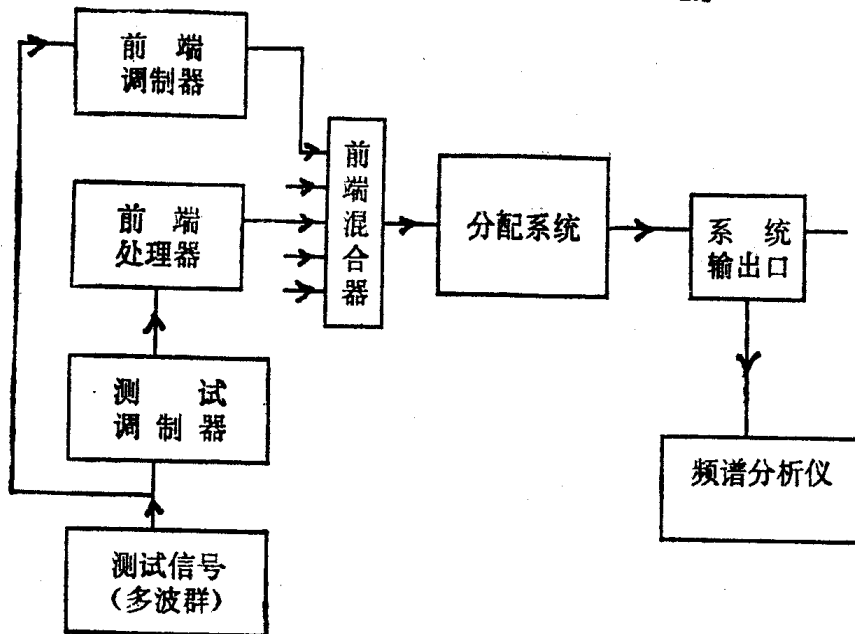


图 3 频道内频响测量

注: 图 3 中系统输出口应为用户终端口

#### 4.4 载波复合三次差拍比 (C/CTB)

4.4.1 定义: 在系统指定点, 图像载波电平与围绕在图像载波中心附近群集的复合三次差拍产物电平的峰值之比, 用dB表示, 即:

$$\text{CTB} = 20 \text{Lg} \frac{\text{图像载波电平}}{\text{CTB平均电平峰值}}$$

#### 4.4.2 频道配置

应按被测系统频带加满频道负载后进行CTB测量。

如果前端不能加满频道负载时, 可参阅附录B进行频道配置, 其测量结果应按附录 B 进行修正, 并且应在测试报告中注明。

#### 4.4.3 测量步骤

a. 测量方框图如图 4 所示

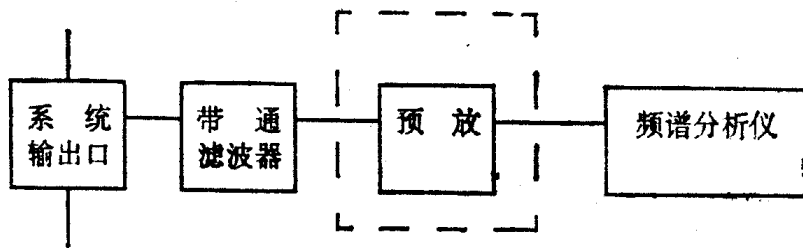


图 4 CTB测量

- b. 在前端关掉所有载波的调制。
- c. 调整频谱分析仪如下：  
中频分辨率带宽：30kHz  
视频滤波器带宽：max，或视频滤波器“OFF”  
扫频带宽：5 MHz/div或0.5M/div  
垂直标度：10dB/div  
扫描时间：自动或者5 ms/div(或更低)
- d. 调谐频谱分析仪使被测载波到显示屏的中心。
- e. 调频谱分析仪基准电平控制使载波峰与顶刻度线重合。
- f. 测量图像载波电平，记为A。
- g. 关掉被测的图像载波，测量CTB电平的峰值，(如果需要测量CSO，可去掉载波调制)。
- h. 重调频谱分析仪如下：  
中频分辨率带宽：30kHz  
视频滤波器带宽：min (<300Hz)  
扫描宽度：不变  
扫描时间：自动或200ms/div  
视频平均：打开(如果有)
- i. 如载波已经关掉，那么CTB将会在屏幕上显示。利用频谱分析仪测量CTB(或CSO产物)电平。记为B。于是：

$$CTB = A - B \quad (\text{或 } CSO = A - B)$$

注：1、频谱分析仪底噪声的影响，可参阅附录A。在测量失真产物时，可暂时从频谱分析仪输入端去掉输入以便检查和测量失真产物与频谱分析仪底噪声之差，如果之差小于10dB则应进行修正。例如之差为5dB时，则修正系数可从附录A的曲线上找到，即对应5dB之差的校正系数是1.7dB。那么最终测量结果应是：

$$CTB = A - B + 1.7$$

2、如果频谱分析仪输入信号太高，频谱分析仪本身也会产生失真，这样测量的CTB会出现错误。为考查是否有这个问题，可以增加频谱分析仪输入衰减10dB，如果失真产物减少10dB，说明测量的结果是正确的，否则应减小输入信号测量CTB。

#### 4.5 交扰调制比 (CM)

按GB 6510中3.5条规定的测量方法进行测量。

#### 4.6 交流声调制比 (HM)

##### 4.6.1 定义：

$$HM = \frac{\text{交流声调制信号峰峰电压}}{RF, \text{图像载波峰值电压}} \times 100\%$$

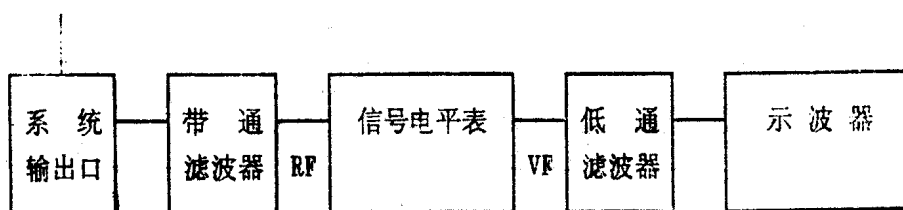


图 5 HM测量

#### 4.6.2 测量步骤

a. 测量方框图如图 5 所示

b. 调谐信号电平表, 找到无调制的被测载波, 并记下载波的峰值电压。

c. 调整示波器为如下的状态:

垂直标度: 0.1V/div (AC藕合)

扫描: 5ms/div

d. 调整示波器垂直位移, 使交流声调制信号位于显示屏中央; 改变示波器的输入衰减以提高输入灵敏度, 测量交流声调制信号的峰峰值电压。

e. 按定义计算交流声调制失真。

注: 也可以用有自动测量HM功能的测量仪器进行测量。

#### 4.7 图像载频准确度和图像/伴音载频间距

##### 4.7.1 定义:

a. 图像载频准确度

图像载频测量值与图像载频标称值之差, 用kHz表示。

b. 图像/伴音载频间距

图像/伴音载频间距测量值与规定的6500kHz频率之差, 用kHz表示。

##### 4.7.2 测量步骤

所需测量仪器为频谱分析仪, 该仪器应具有精确测量信号频率及两信号频率之差的功能。

a. 测量方框图如图 6 所示。

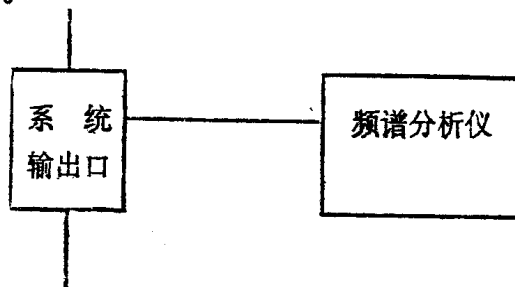


图 6 载波频率准确度测量

b. 调谐频谱分析仪, 找到被测图像载波。

c. 启动频谱分析仪的跟踪测量信号频率的功能, 仪器会自动显示出信号的精确频率。

d. 启动频谱分析仪的测量两信号频率之差的功能, 再启动跟踪测量频率功能。仪器会自动显示出精确的图像/伴音载频之差。

e. 根据定义计算其准确度。

f. 改变频道, 重复以上的操作, 300MHz系统应检测 6 个频道, 450MHz系统应检测 7 个频道, 550MHz系统应检测 8 个频道。

#### 4.8 系统输出口相互隔离度

4.8.1 定义: 系统中任意两个输出口之间对RF信号的衰减量称为系统输出口相互隔离度, 以dB表示。计算公式如下:

$$\text{隔离度} = 20 \lg \frac{A}{B} \quad (\text{dB})$$

式中：A——某一端口的RF输入信号电压  
 B——另一端口的RF输出信号电压

4.8.2 测量步骤

a. 测量方框图如图7所示。

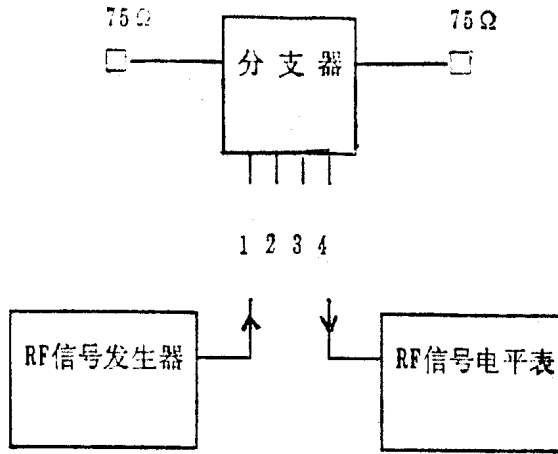


图7 隔离度测量

注：图7中分支器为四分支器

- b. 按表3组合进行测量
- c. 调整RF信号发生器输出信号频率为被测系统频带的上限频道图像载频,其信号电平记为A。
- d. 调谐信号电平表, 测量其串过来的信号电平, 记为B。
- e. 测量结果: 隔离度 = A - B (dB)
- f. 以同样方法测量各端之间的隔离度, 最终结果应取最差的值。

表3

测 试	系 统 输 出 口			
	1	2	3*	4*
1	A	B	T	T
2	A	T	B	T
3	A	T	T	B
4	T	T	A	B
5	T	A	B	T
6	T	A	T	B

注：T——75Ω表示终接  
 A——该端输入RF信号  
 B——该端与信号电平表连接



## 4.9 微分增益 (DG)

4.9.1 定义: 微分增益是不同亮度电平下的色度幅度变化, 用百分数表示, 其表达式如下:

$$DG_{p-p} = \left| \frac{A_{max} - A_{min}}{A_0} \right|$$

式中:  $DG_{p-p}$  ——峰峰值微分增益

$A_{max}$  ——是亮度阶梯信号上最大的色度信号幅度

$A_{min}$  ——是亮度阶梯信号上最小的色度信号幅度

$A_0$  ——是消隐电平上的色度信号幅度

### 4.9.2 所需测量仪器

a. 电视测试信号发生器, 能提供叠加有彩色副载波信号的五阶梯亮度信号 (即国际标准第330行测试信号)。

b. 视频分析仪。

c. 测试解调器, 测试调制器, 应有足够的解调和调制线性。

### 4.9.3 测量步骤

a. 测量方框图如图8所示。

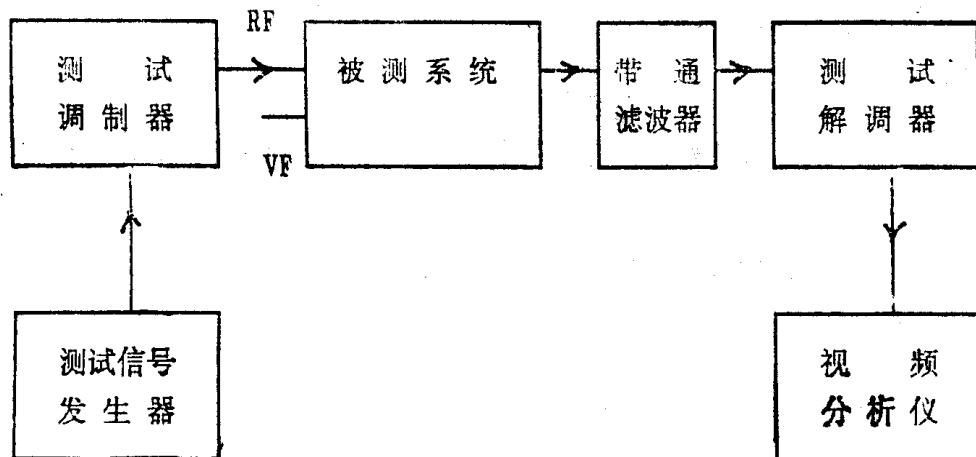


图8 DG, DP测量

b. 测试点选择应选在用户端, 因为这最能反映整个系统的质量; 如果测量不方便, 考虑到干线和分配系统对视频影响不会很大, 也可以将测试选在前端混合器的测试点上进行测量。

另外, 调制器频道 (包括卫星接收频道), 信号处理器频道, 以及解调器频道应分别选择进行测量。

c. 按照附录C, 做调制度检查调整, 视频失真的测量都应在额定的调制度87.5%条件下进行。

d. 如果中断节目有困难, 也可利用电视场逆程的测试信号 (VITS) 进行测量。

e. 测试信号 (第330行) 应为  $1V_{p-p}$ 。测量调制器频道时, 视频测试信号直接供给被测系统调制器的输入端进行测量。测量非调制器频道时, 应先将测试调制器输出端与测试解调器输入端连接, 进行测试系统自校; 再将经测试调制器调制的测试信号送入被测频道进行测量。

f. 为防止其他频道信号干扰, 测试解调器输入端应接入带通滤波器, 用同步检波进行解调。

g. 用视频分析仪测量DG, 可改变测试信号的平均图像电平(APL)从12.5%至87.5%, 测量不同APL时的DG, 取最差的结果。

注: 在测量微分增益时, 如果五阶梯亮度信号的最高台阶上的副载波信号的调制度已超过了额定调制度的87.5%, 那么这个台阶的副载波可以不计算, 只考查其余四个台阶上的副载波的幅度。

#### 4.10 微分相位 (DP)

4.10.1 定义: 微分相位是不同亮度电路上副载波相位的变化, 用度表示, 其表达式如下:

$$DP_{n,p} = |\varphi_{n,x} - \varphi_{n,i}| \text{ 度}$$

4.10.2 测量设备同4.9.2

#### 4.10.3 测量步骤

测量方框图如图8所示。

具体测量步骤与4.9.3相同, 可参照进行测量。

#### 4.11 色度/亮度时延差

4.11.1 定义: 电视信号中色度和亮度分量通过被测系统之后, 它们的延时不等称为色度/亮度时延差, 用ns表示。

4.11.2 所需测量设备与4.9.2相同。

#### 4.11.3 测量步骤

a. 按4.9.3的a、b、c、d、e、f进行。

b. 测量这个参数时, 测试信号应该是国际标准插入测试信号的第17行, 即包括有20T (或10T) 副载波填充的信号。

c. 解调之后的测试信号用视频分析仪进行测量。

#### 4.12 回波值 (E)

##### 4.12.1 定义

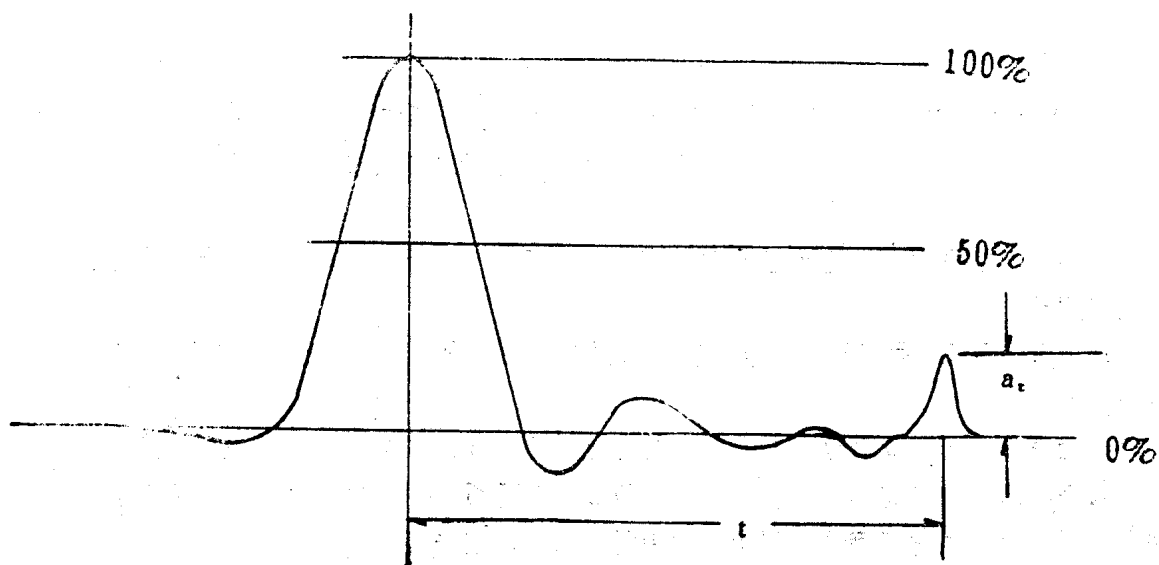


图9 回波值示意图

回波值为被测系统对  $2T$  正弦平方脉冲的响应，用百分数表示。

$2T$  正弦平方脉冲的  $T = 83\text{ns}$  (对于  $5\text{MHz}$  视频带宽,  $T = 100\text{ns}$ )，回波值  $E$  由以下公式 (见图 9) 计算。

$$E = \frac{(a_t \cdot t)_{\max}}{8T}, \quad 2T \leq |t| \leq 8T \quad (1)$$

$$E = \frac{(a_t \cdot t)_{\max}}{6T}, \quad 8T < |t| \leq 12T \quad (2)$$

式中,  $a_t \dots \dots$  最大回波相对幅度 (%)

$t \dots \dots$  时间 (ns)

#### 4.12.2 测量步骤

a. 与 4.9.3 的 a、c、d、e、f 相同，测试信号应该是国际标准检测信号 (第 17 行或 330 行)

b. 利用示波器、参考图 9，测量回波的振幅  $a_t$  和时间  $t$ ，其回波幅度是相对  $t = 0$  时的  $2T$  脉冲幅度而言，即  $t = 0$  时， $a_t = 100\%$ 。

c. 各个比较大的回波测定之后，然后按公式 (1) 和 (2) 计算其回波值  $E$ ，取最差的结果为测量结果。

### 附录 A

#### 频谱分析仪测量 C/N 的修正曲线

(补充件)

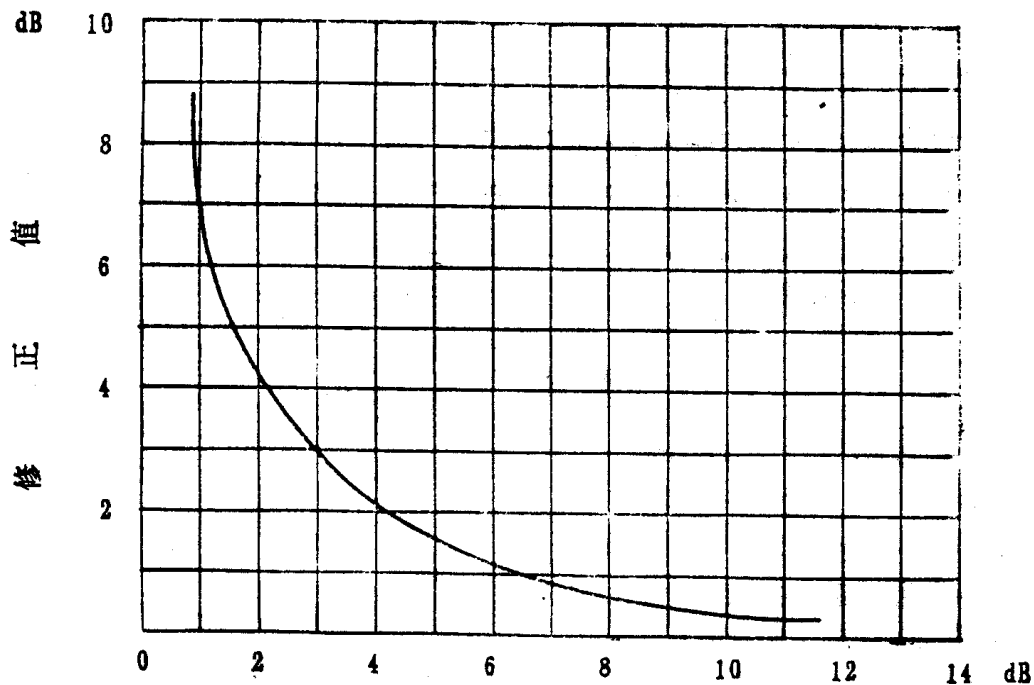


图 A1 频谱分析仪底噪声与被测噪声之间的差别

表 A1

频谱分析仪底噪声与被测噪声之间的差值(dB)	测量结果修正值(dB)	频谱分析仪底噪声与被测噪声之间的差值(dB)	测量结果修正值(dB)
1	6.87	6	1.26
2	4.33	7	0.97
3	3.02	8	0.75
4	2.20	9	0.58
5	1.65	10	0.46

举例：在没有C/N自动运算的频谱分析仪上测量C/N，假定测量C/N时显示如下：

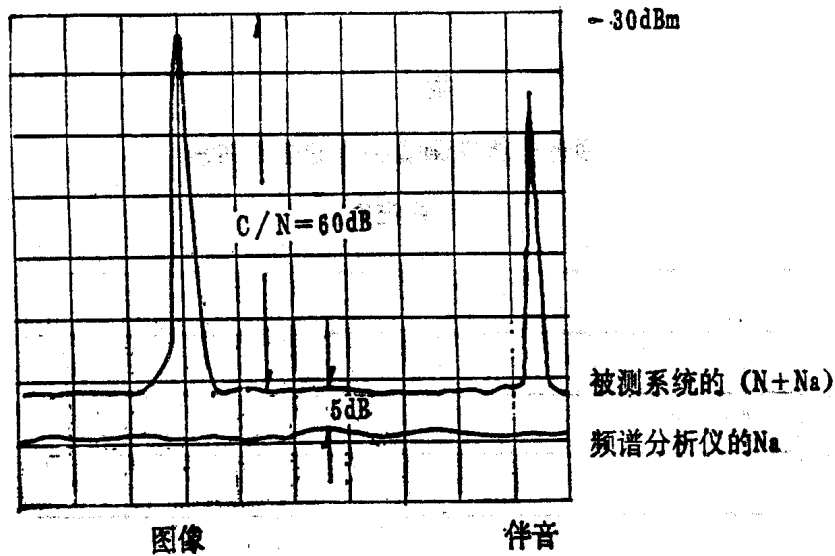


图 A2

假定： 图像载波电平  $C = -30\text{dBm}$   
 噪声电平  $N = -90\text{dBm}$   
 即：  $N = (N_{\text{sys}} + N_a) = -90\text{dBm}$

式中：  $N_{\text{sys}}$ ——被测系统的噪声  
 $N_a$ ——频谱分析仪的底噪声

$N_{\text{sys}}$ 与 $N_a$ 之差在频谱分析仪上表现为 5 dB，根据这个差值可在修正曲线上找到修正量  $N_a$  为 1.7dB。所以系统噪声应为：

$$\begin{aligned} N_{\text{sys}} &= N - N_a \\ &= -90\text{dBm} - 1.7\text{dB} \end{aligned}$$

$$= -91.7\text{dBm}$$

假定频谱分析仪测量C/N时的IF带宽为300kHz时，那么带宽修正系数 $C_1$ 如下：

$$\begin{aligned} C_1 &= 10 \text{Lg} \frac{5.75\text{MHz}}{300\text{KHz}} \\ &= 10 \text{Lg} \frac{5.75\text{MHz}}{0.3\text{MHz}} \\ &= 12.8\text{dB} \end{aligned}$$

因此，5.75MHz带宽内的噪声如下：

$$\begin{aligned} N_{\text{sys}} + 12.8\text{dB} &= -91.7\text{dBm} + 12.8\text{dB} \\ &= -78.9\text{dBm} \end{aligned}$$

频谱分析仪垂直标度为对数，修正系数为+2.5dB；等效噪声带宽与理想的矩形带宽不同，其修正系数为+1dB，最终的噪声应是：

$$\begin{aligned} N &= -78.9 + 2.5 + 1.0 \\ &= -75.4\text{dB} \end{aligned}$$

经过上述修正，最终的载噪比C/N是：

$$\begin{aligned} C/N &= -30\text{dBm} - (-75.4\text{dBm}) \\ &= 45.4\text{dB} \end{aligned}$$

从以上分析看出，用普通的频谱分析仪测载噪比时，绝不是显示屏上显示的（如以上例子）60dB，而是45.4dB。有的频谱分析仪能自动进行以上修正，但是应注意带宽。

## 附录 B

### 测量C/CTB的频道配置

（补充件）

#### B1 满频道配置

450MHz系统：在300MHz系统配置上加Z17 - Z35，共计47个频道。

550MHz系统；在450MHz系统配置上加DS13 - DS22，共计59个频道。

#### B2 间隔频道配置：见表B1

#### B3 采用间隔频道配置的测试频道及修正系数

450MHz系统：

测试频道用Z-35为好

修正系数为4 dB

550MHz系统：

测试频道可在DS12至DS22中选一个

修正系数为：27个频道配置时，为8 dB

21个频道配置时，为20dB

28个频道配置时，为10dB

表 B1

频	道	频率(MHz)	备 注	
	DS1	49.75		
	DS3	65.75		
	Z1	112.25		
	Z4	136.25		
	DS7	176.25		
	DS9	192.25		
	DS11	208.25		
	Z8	224.25		
	Z10	240.25		
B组	A组	Z12	256.25	A组(450MHz系统配置)
		Z14	272.25	
		Z16	288.25	
		Z18	304.25	
		Z20	320.25	
		Z22	336.25	
		Z24	352.25	
		Z26	368.25	
		Z28	384.25	
		Z30	400.25	
		Z32	416.25	
		Z34	432.25	
		Z35	440.25	
	DS13	471.25	B组(550MHz系统配置)	
	DS15	487.25		
	DS17	503.25		
	DS19	519.25		
	DS21	535.25		

附 录 C

视频调制度定义与测量

(参考件)

## C1 定义

在已调射频包络上，以同步顶包络幅度为基准，基准白调制包络幅度与同步顶调制包络幅度之比为视频调制度，以百分比表示。公式如下：

$$\begin{aligned} \text{VMD} &= \frac{A - B}{A} \times 100\% \\ &= \frac{A' - B'}{A'} \times 100\% \end{aligned}$$

式中：A——同步顶调制包络幅度（见图a）

B——基准白调制包络幅度

A'——检波后同步顶相对零载波基准的幅度（见图b）

B'——检波后基准白相对零载波基准的幅度

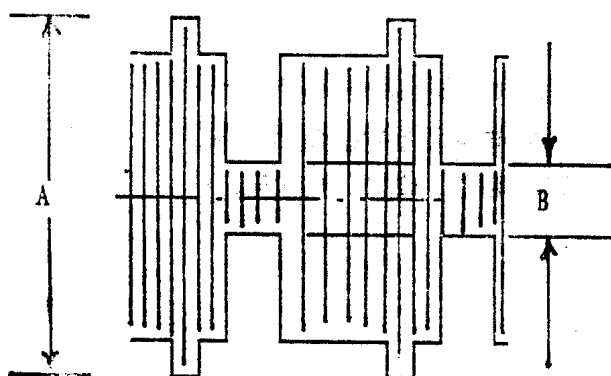


图 C1 解调之前

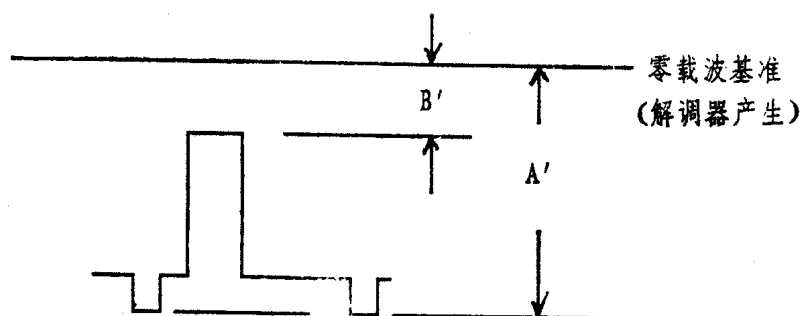


图 C2 解调之后

## C2 测量方法

### C2.1 宽带示波器法

用宽带示波器可直接测量RF调制包络同步顶和基准白的RF载波幅度A和B，按公式计算其视频调制度VMD。

### C2.2 电视解调器测量方法

a. 用带有基准白700mV的电视信号去调制RF载波。

b. 令解调器零载波基准脉冲工作，将解调的视频送给示波器，此时示波器显示应如下图

所示:

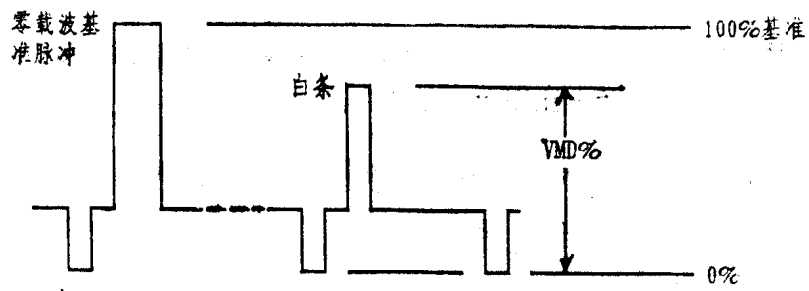


图 C3 在示波器上读出VMD的百分数,即为测量结果

### 附加说明

本标准由广播电影电视部提出。

本标准由广播电影电视部标准化规划研究所负责技术归口。

本标准由广播电影电视部有线电视质检中心负责起草。

本标准主要起草人: 刘丰焜, 张红, 龚波, 姚东升。