

视频传输通道指标分析原理

度纬科技 Application Notes-015-V1.0

<http://www.doewe.com>

一、引言

我们在日常生活中会经常接触到视频信号，它通常由红、绿、蓝三种基色信号组成，这三个基色信号可以通过不同的比例和亮度组合来生成各种颜色的图像。视频信号的应用非常广泛，包括电视广播、电影制作、视频会议、监控系统等。

随着技术的发展，视频信号的传输质量和处理效率也在不断提高。但整体来讲，视频信号的基本组成原理和基本格式通常都是相似的。因此，了解视频信号的组成原理和传输格式对于我们测试相关的视频信号传输系统大有帮助。

为了确保视频信号的质量和稳定性，需要对其各项指标进行严格的测试和评估。这些指标包括但不限于视频信号幅度、亮度非线性、K系数、稳定性、信噪比、色调、视频电平、声道以及音频信号质量等。通过测试这些指标，可以确保视频信号在传输过程中不会出现失真、噪声等问题，从而保证观众能够获得清晰、流畅、色彩鲜艳的视觉体验。同时，这些指标也是衡量视频设备性能和质量的重要标准，对于制造商和用户来说具有重要意义。

因此，本文将围绕 JTG 2182-2020 标准中闭路电视监视系统的传输通道指标内容，对视频信号格式和视频通道测试指标进行相应的介绍。

二、视频信号原理

2.1 视频信号的组成

视频信号由亮度信号、色度信号和同步信号组成。

- 亮度信号：包含视频图像的强度（亮度或暗度）信息
- 色度信号：包含视频图像的色彩信息
- 同步信号：控制在电视显示屏等显示器上信号的扫描

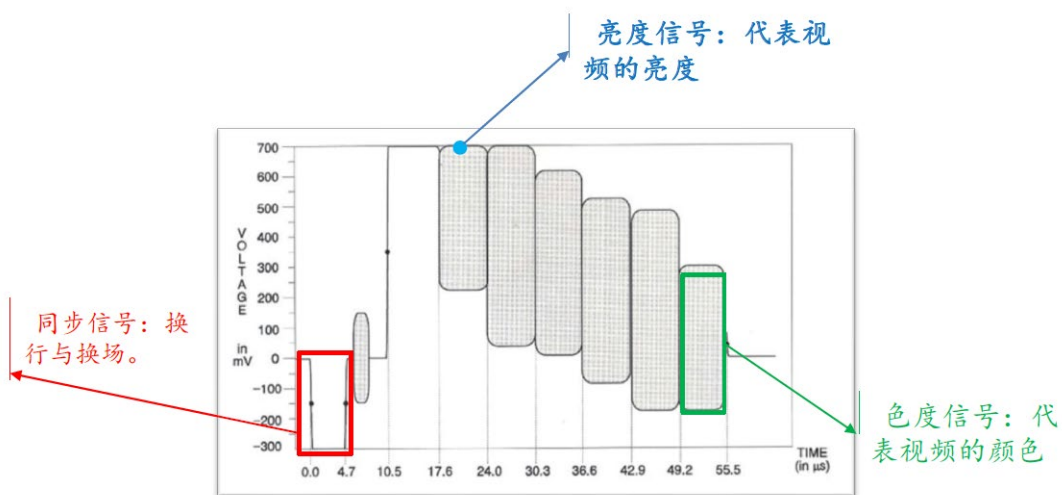


图 1 视频信号组成

2.1.1 亮度信号

亮度信号以幅度值来表示亮度大小。如图 2 所示，该图为亮度阶梯信号，每个阶梯的亮度大小如红点所示分别为：140mV, 280mV, 420mV, 560mV, 700mV。不同的阶梯代表不同的亮度，最小值为黑，最大值为白，中间为灰。

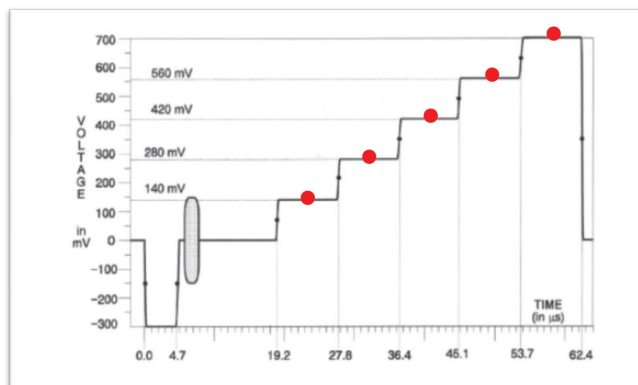


图 2 亮度信号

2.1.2 色度信号

色度信号由色调和饱和度组成。

色调是指图像的相对明暗程度，在彩色图像上表现为颜色，是颜色的重要特征，它决定了颜色本质的根本特征。如图 3 所示：

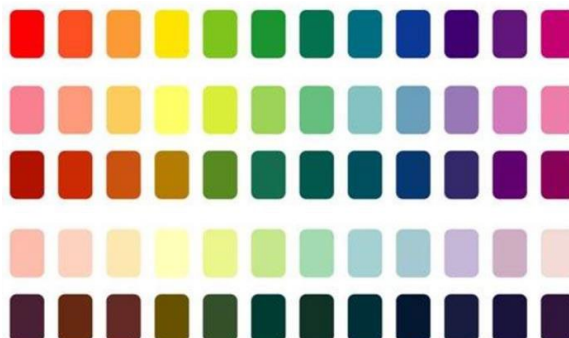


图 3 色度信号的色调

饱和度指色彩的鲜艳程度，也称色彩的纯度。纯的颜色都是高度饱和的，如鲜红，鲜绿。

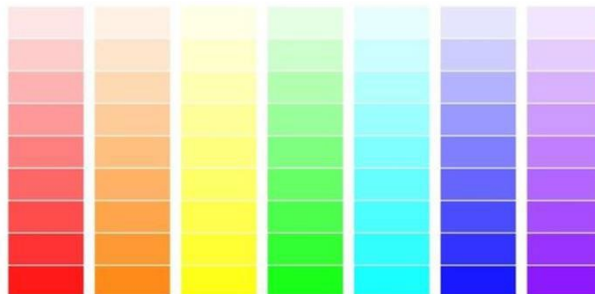


图 4 色度信号的饱和度

色调与色饱和度通过一定的转换，转换成色差信号，然后调制在色副载波上。已调色差信号即为色度信号，其相位代表色调，即颜色；其幅度代表色饱和度。

如下图中红框所展示的就是色度信号：

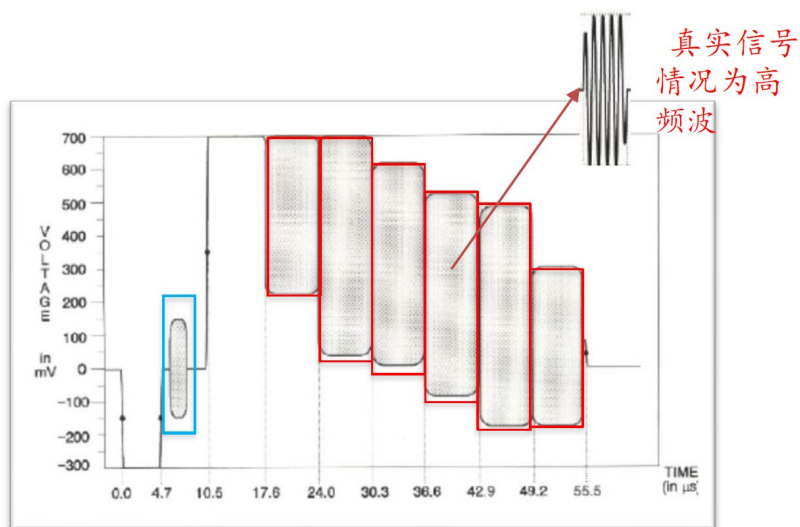


图 5 色度信号

蓝框内的信号为一个参考信号，用作色度信号解析的参考。

2.1.3 同步信号

同步信号控制显示器上信号的扫描，包括行同步和场同步的。如图 6 蓝框内。

- 行同步信号：同步行扫描的信号，每行来一次，每来一次就意味着本行扫描结束，新的一行就要开始了。
- 场同步信号：同步场扫描的信号，每场来一次，每来一次就意味着本场扫描结束，新的一场就要开始。

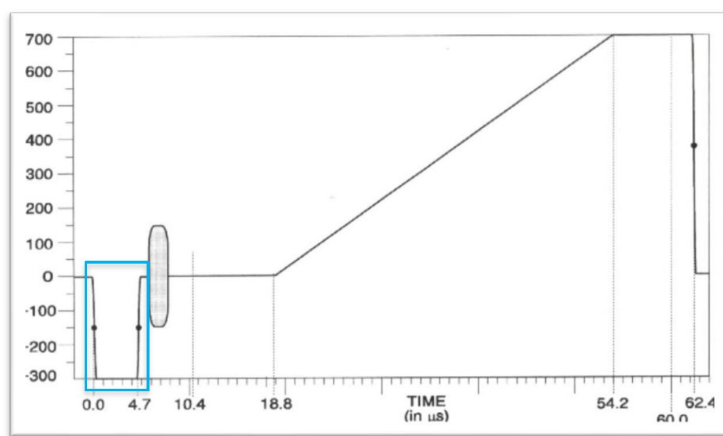


图 6 同步信号

场和帧的概念并不相同，一场指的是从屏幕上边扫到下边的一次，而帧指的是能够组成完整画面的图像数据。在逐行扫描中一场等于一帧，而在隔行扫描中一帧包括两场：奇场和偶场。

2.2 视频信号格式

在 JTG2182 关于闭路电视监视系统的传输通道指标测试标准中，视频信号的格式主要有三种：标清模拟复合视频信号（CCVS）、高清模拟分量视频信号（RGB、YPbPr）、高清数字分量视频信号（RGB、YCbCr）。

在我们的信号源 VSG 中，接口形式为：



图 7 VSG 接口形式

2.2.1 标清模拟复合视频信号（CCVS）

标清模拟复合视频信号（CCVS）由 1 个 75Ω 阻抗的 BNC 接口（如下图）传输。标清表示分辨率为 720×576，模拟代表传输的信号为模拟信号，复合代表亮度信号、色度信号和同步信号合成到一个复合信号中进行传输。



图 8 CCVS 接口

2.2.2 高清模拟分量视频信号 (RGB、YPbPr)

在高清模拟分量视频信号 (RGB、YPbPr) 由三组 75Ω BNC 接口进行传输, 如图 9 所示。其中高清表示分辨率最高可达 1920×1080。模拟代表传输的信号为模拟信号。分量表示亮度信号、色度信号、同步信号分别进行传输。

在 RGB 格式下亮度信号与色度信号是分别由 R/G/B 三种信号进行传输的, 其中同步信号在 G 信号里面。YPbPr 格式下, Y 信号为亮度信号和同步信号, Pb、Pr 为色度信号。



图 9 RGB、YPbPr 接口

2.2.3 高清数字分量视频信号 (RGB、YCbCr)

在高清数字分量视频信号 (RGB、YCbCr) 中, 信号由 1 组 HDMI 接口进行传输。其中高清表示分辨率最高可达 1920×1080。数字代表传输信号为数字信号。分量表示亮度信号、色度信号、同步信号分别进行传输。

在 RGB 格式下亮度信号与色度信号是分别由 R/G/B 三种信号进行传输的, 其中同步信号在 G 信号里面。YCbCr 格式下, Y 信号为亮度信号和同步信号, Cb、Cr 为色度信号。



图 10 HDMI 接口

三、相关视频指标分析

3.1 视频信号幅度（白条幅度）

标准的视频信号幅度是 1Vp-p，此处主要是白条幅度即视频电平：700mV。

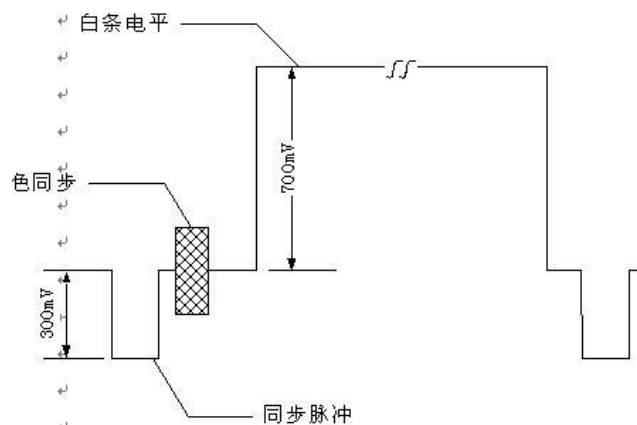


图 11 白条幅度

白条幅度对视频的影响：超出指标值会造成图像过亮或过暗。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 7 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- △8.1.1 视频电平 (700 ± 30) mV

3.2 视频信号幅度（同步脉冲幅度）

此处主要是同步脉冲幅度,即同步脉冲信号的幅度: 300mV。

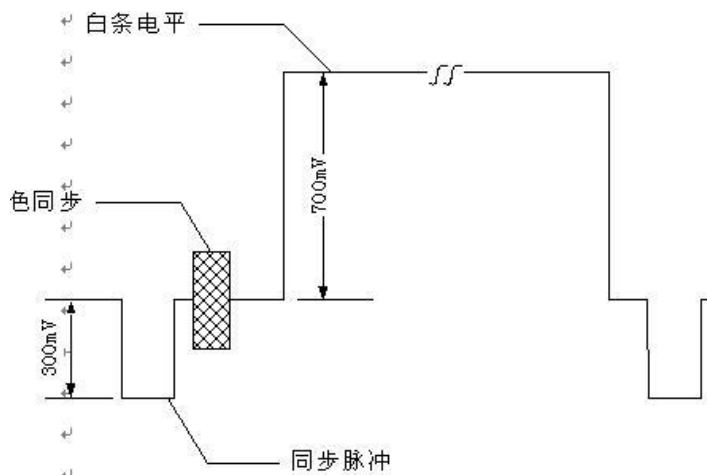


图 12 同步脉冲幅度

同步脉冲幅度对视频的影响: 超出指标值会引起图像扭曲, 甚至图像显示无法观看。

典型指标举例:

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 7 页):

8.1 标清模拟复合视频信号

- △8.1.2 同步脉冲幅度 (300 ± 20) mV

3.3 亮度线性（K 系数）

用来度量图像损伤，这里的失真是短时间波形失真。一般用“2T 正弦平方波失真”(K-2T)作为测试指标。

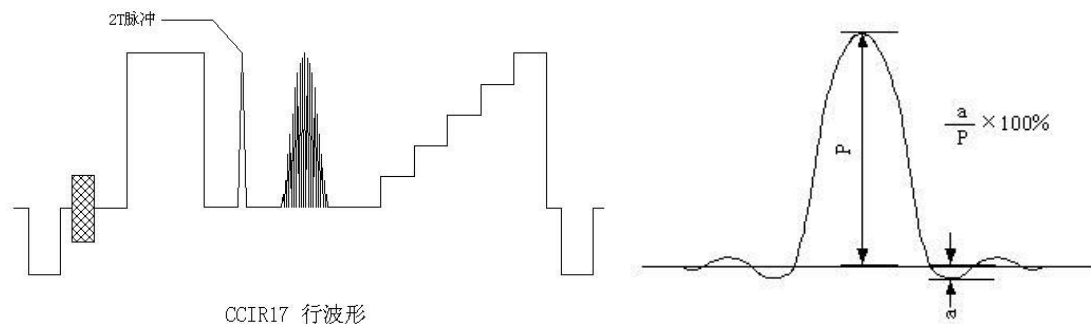


图 13 亮度线性（K 系数）

亮度线性（K 系数）对视频的影响：导致图像出现多轮廓、造成重影，使清晰度下降。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- △8.1.3 回波 E < 7%

3.4 亮度非线性

从消隐电平（黑电平）到白电平之间变化的线性度。计算相应各阶梯幅度值之间的最大差值。

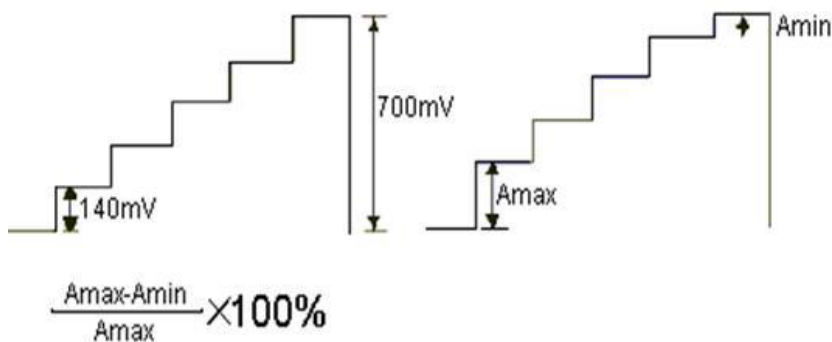


图 14 亮度非线性

亮度非线性对视频的影响： 1、图象失去灰度，层次减少。 2、分辨率降低，产生色饱和度失真（由于色度信号是叠加在亮度信号上）。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- 8.1.4 亮度非线性 $\leq 5\%$

3.5 微分增益 (DG)

由图像亮度信号幅度变化引起的色度信号幅度失真。计算带色度调制的阶梯信号各阶梯上的色度幅度值之间的最大差值。

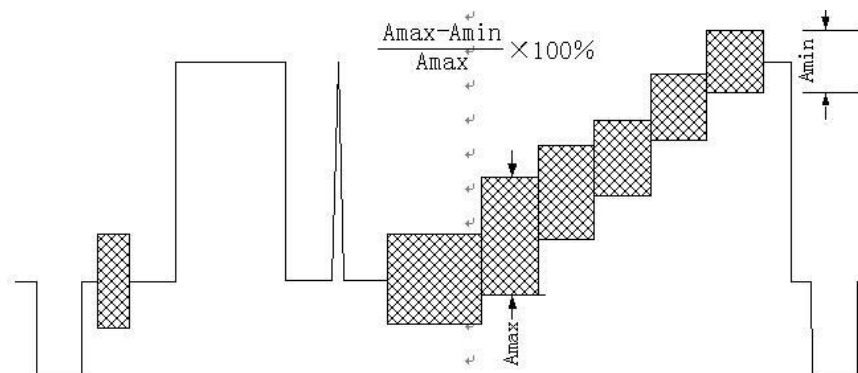


图 15 微分增益

微分增益 (DG) 对视频的影响：不同亮度背景下的色饱和度失真，影响彩色效果。

比如：穿鲜红衣服从暗处走向亮处，鲜红衣服会变浓或变淡。

典型指标举例：

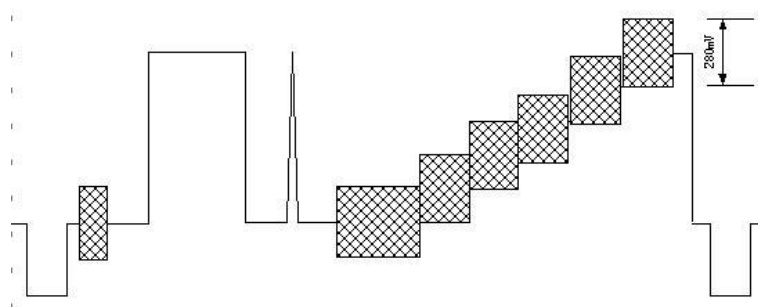
JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- 8.1.7 微分增益 $\leq 10\%$

3.6 微分相位 (DP)

由图像亮度信号幅度变化引起的色度信号相位失真。计算各带色度调制的阶梯信号的色度副载波的相位角和消隐电平上副载波信号的相位角之差，超前为正。



CCIR330 行波形

图 16 微分相位

微分相位 (DP) 对视频的影响：在不同亮度背景下，色调产生失真，影响彩色效果。

例如：鲜红衣服从暗处走到明处，鲜红衣服就偏黄或偏紫。

典型指标举例：

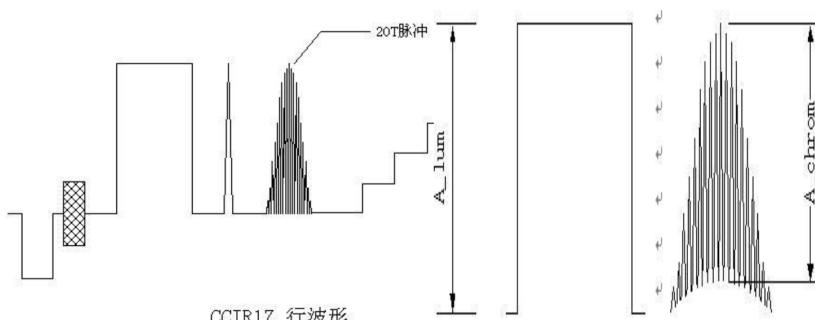
JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- 8.1.8 微分相位 $\leq 10^\circ$

3.7 色度/亮度增益差

输出端信号中亮度分量和色度分量幅度比的改变称色度/亮度增益差。



CCIR17 行波形

图 17 色度/亮度增益差

色度/亮度增益差对视频的影响：影响图像的饱和度失真。例如：增益差为负：图象色彩变淡、暗淡、人物神色不佳；增益差为正：颜色过浓、轮廓不分明，类似儿童填色画，缺乏真实感。

典型指标举例：

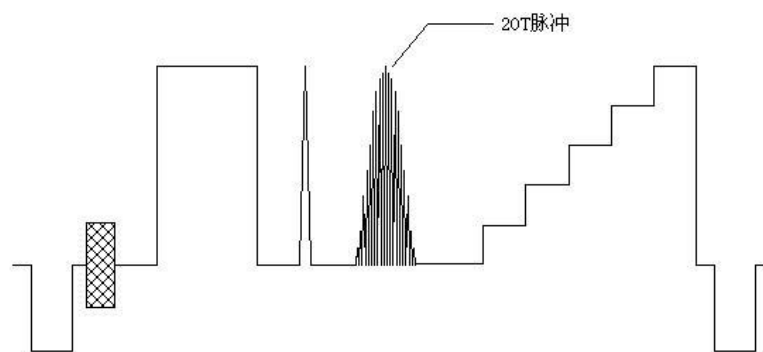
JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- 8.1.5 色度/亮度增益不等 $\pm 5\%$

3.8 色度/亮度时延差

输出在亮度分量与色度分量的调制色络波形的相应部分在时间关系上出现的差值。



CCIR17 行波形
图 18 色度/亮度时延差

色度/亮度时延差对视频的影响：彩色套色不准，在水平方向出现彩色镶边，人眼比较敏感。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- 8.1.6 色度/亮度时延差 $\leq 100\text{ns}$

3.9 幅频特性

从低频至高频的频带范围内，通道输入与输出之间相对于基准点频率的增益变化，测试信号是多波群信号。频率分别为：0.5MHz, 1MHz, 2MHz, 4MHz, 4.8MHz, 5.8MHz。

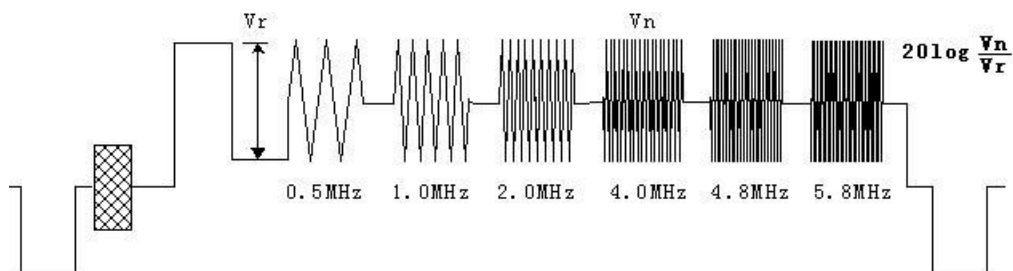


图 19 幅频特性

幅频特性对视频的影响：影响图像清晰度，如果高频部分衰减大，图像细节变淡、边缘轮廓不清。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- △ 8.1.9 幅频特性（5.8MHz 带宽内） $\pm 2\text{dB}$

3.10 信噪比

信号传输过程中，信号本身与噪声的比值。

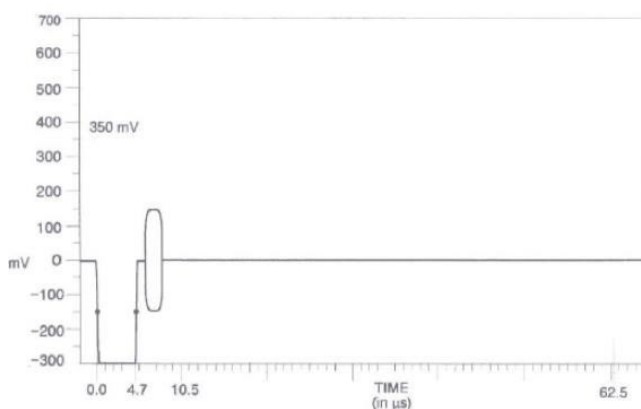


图 20 信噪比

信噪比对视频的影响：信噪比越大代表传输通道的噪声越大，图像的质量就越差。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.1 标清模拟复合视频信号

- $\Delta 8.1.10$ 视频信噪比（加权） $\geq 56\text{dB}$

3.11 通道间时延差

分量视频信号中（ $Y_{C_R(P_R)}C_{B(P_B)}$ 与 RGB），各通道之间的时延差，例如 R 信号与 G 信号，R 信号与 B 信号。

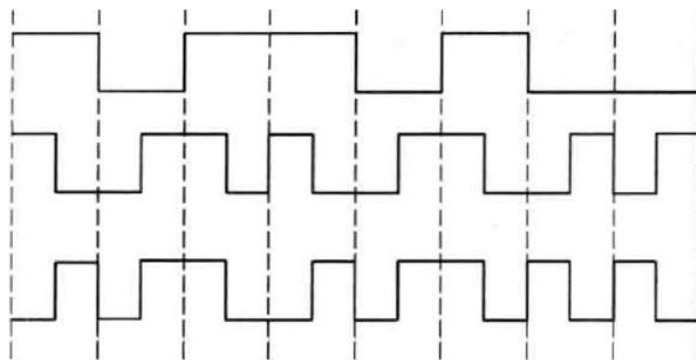


图 21 通道间时延差

通道间时延差：通道间时延越大，信号的亮度色度传输就会产生误差，导致图像的成像越差。

典型指标举例：

JTG 2182-2020 标准 4.3.2 闭路电视监视系统实测项目第八项传输通道指标(第 8 页)：

8.2 高清 Y 、 $C_R(P_R)$ 、 $C_B(P_B)$ 视频信号

- 8.2.7 Y/C_B (Y/P_B)、 $Y/C_R(Y/P_R)$ 信号时延差 $\pm 10\text{ns}$