



中华人民共和国广播电视和网络视听行业技术文件

GD/J 140—2023

4K 超高清清晰度电视-高清晰度电视下变换 器技术要求和测量方法

Technical requirements and measurement methods of the 4K UHD TV to HDTV
converter

2023 - 03 - 01 发布

2023 - 03 - 01 实施

国家广播电视总局科技司 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 2

5 技术要求 2

 5.1 功能要求 2

 5.2 性能要求 3

6 测量方法 4

 6.1 测量环境条件 4

 6.2 功能要求 4

 6.3 性能要求 7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由国家广播电视总局科技司归口。

本文件起草单位：国家广播电视总局广播电视规划院、中央广播电视总台、北京宇田索诚有限公司、新奥特（北京）视频技术有限公司、北京中科大洋科技发展股份有限公司、成都索贝数码科技股份有限公司、格非视频有限公司、ICI（北京）通讯技术有限公司。

本文件主要起草人：张乾、李岩、宁金辉、刘斌、王惠明、周立、王亚明、戴霖、商同、王威、鲍放、刘威、刘汉源、孙岩、欧臻彦、李厦、汪芮、陈玲玉。

4K 超高清清晰度电视-高清晰度电视下变换器技术要求和测量方法

1 范围

本文件规定了广播电视制作和播出用4K超高清清晰度电视-高清晰度电视下变换器(简称“下变换器”)的技术要求和测量方法。

本文件适用于4K超高清清晰度电视-高清晰度电视下变换器的设计、生产、测试、验收、运行和维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 32631—2016 高清晰度电视3Gbps串行数据接口和源图像格式映射
- GB/T 41808—2022 高动态范围电视节目制作和交换图像参数值
- GB/T 41809—2022 超高清清晰度电视系统节目制作和交换参数值
- GY/T 155—2000 高清晰度电视节目制作及交换用视频参数值
- GY/T 156—2000 演播室数字音频参数
- GY/T 157—2000 演播室高清晰度电视数字视频信号接口
- GY/T 329—2020 4K超高清视频图像质量主观评价用测试图像
- GY/T 330—2020 超高清高动态范围视频系统彩条测试图
- GY/T 347.3—2021 超高清清晰度电视信号实时串行数字接口 第3部分:单链路和多链路6Gbit/s、12Gbit/s和24Gbit/s光和电接口
- GY/T 348—2021 专业广播环境下音视频设备精确时间同步协议规范
- ITU-R BT.500-14 电视图像质量主观评价方法(Methodologies for the subjective assessment of the quality of television images)
- ITU-R BT.1365-2 高清晰度电视和超高清清晰度电视串行接口中作为附属数据信号的24比特数字音频格式(24-bit digital audio format as ancillary data signals in HDTV and UHDTV serial interfaces)
- SMPTE ST 2022-6 基于IP网络传输的高比特率媒体信号(Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks)
- SMPTE ST 2022-7 SMPTE ST 2022 IP数据包的无缝保护切换(Seamless Protection Switching of SMPTE ST 2022 IP Datagrams)
- SMPTE ST 2110-20 专业媒体在受控IP网络上传输:非压缩视频流(Professional Media Over Managed IP Networks: Uncompressed Active Video)
- SMPTE ST 2110-21 专业媒体在受控IP网络上传输:视频传输整形和定时(Professional Media Over Managed IP Networks: Traffic Shaping and Delivery Timing for Video)
- SMPTE ST 2110-30 专业媒体在受控IP网络上传输:PCM数字音频(Professional Media Over Managed IP Networks: PCM Digital Audio)
- SMPTE ST 2110-40 专业媒体在受控IP网络上传输:辅助数据(Professional Media Over Managed IP Networks: SMPTE ST 291-1 Ancillary Data)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

4K 超高清清晰度电视 4K Ultra high definition television

信号格式符合GB/T 41809—2022规定的数字电视系统。

注：本文件采用的扫描格式为3840×2160/50/P，非线性转换曲线为符合GB/T 41808—2022的HLG曲线。

3.2

高清晰度电视 high definition television; HDTV

信号格式符合GY/T 155—2000或GB/T 32631—2016规定的数字电视系统。

注：本文件采用的扫描格式为1920×1080/50/I或1920×1080/50/P，EOTF Gamma值为2.4。

3.3

4K 超高清清晰度电视-高清晰度电视下变换器 4K UHD TV to HDTV converter

将3840×2160/50/P格式的4K超高清信号转换为1920×1080/50/I或1920×1080/50/P格式的高清信号的设备，在转换过程中信号的色域、动态范围和光电/电光转换特性会按照设定参数进行转换。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

- DR 显示参考 (Display Reference)
- HD-SDI 高清晰度串行数字接口 (High Definition Serial Digital Interface)
- IGMPv3 互联网组管理协议第三版 (Internet Group Management Protocol, version 3)
- IP 互联网协议 (Internet Protocol)
- LUT 查找表 (Look Up Table)
- PTP 精确时间协议 (Precision Time Protocol)
- SDI 串行数字接口 (Serial Digital Interface)
- SDR 标准动态范围 (Standard Dynamic Range)
- SMPTE 电影和电视工程师协会 (The Society of Motion Picture and Television Engineers)
- SNMP 简单网络管理协议 (Simple Network Management Protocol)
- SQD 四方形分割 (Square Division)
- SR 场景参考 (Scene Reference)
- 2SI 二样本交织 (2 Sample Interleave)
- 3Gbps-SDI 3Gbps串行数字接口 (3Gbps Serial Digital Interface)
- 12Gbps-SDI 12Gbps串行数字接口 (12Gbps Serial Digital Interface)

5 技术要求

5.1 功能要求

下变换器功能配置要求应符合表1的规定。

表 1 下变换器功能配置要求

序号	功能	功能要求描述			配置要求
1	接口类型	支持 SDI、IP 输入接口	SDI 接口	支持 12Gbps-SDI 接口或 4×3Gbps-SDI 接口： ——支持 Level A、Level B 两种数据映射方式； ——支持 2SI，支持 SQD（可选）	至少支持其中一种
			IP 接口	支持 10GE/25GE/40GE/100GE 光接口，支持双路冗余备份，符合 SMPTE ST 2022-7	
		支持 SDI、IP 输出接口	SDI 接口	支持 HD-SDI 或 3Gbps-SDI 接口	至少支持其中一种
			IP 接口	支持 10GE/25GE/40GE/100GE 光接口，支持双路冗余备份，符合 SMPTE ST 2022-7	
2	嵌入音频	应支持嵌入音频信号输入输出，嵌入音频应不少于两个嵌入音频组。接口类型为 SDI 时，输出的嵌入音频应符合 ITU-R BT. 1365-2 的要求；接口类型为 IP 时，输出的嵌入音频应符合 SMPTE ST 2110-30 的要求			必备
3	信号格式变换	应支持将 4K 超高清清晰度电视信号变换为高清晰度电视信号			必备
4	映射模式	应支持 DR 模式、SR 模式			至少支持其中一种

表 1（续）

序号	功能	功能要求描述	配置要求
5	超白电平	输出 SDR 高清信号应支持超白电平，信号最大幅度应能达到 109%	必备
6	3D LUT 表导入	支持至少 33 阶 3D LUT 表导入功能	可选
7	帧同步	应支持帧同步	必备
8	外同步锁相	应支持黑场同步信号，可支持三电平同步信号	接口类型为 SDI 时，必备
		应支持 PTP（应符合 GY/T 348—2021 的规定）同步信号	接口类型为 IP 时，必备
9	操作控制和参数配置	应能对设备进行操作控制和参数配置	必备
10	日志	应支持日志记录和导出	必备
11	故障报警	出现输入信号故障和设备故障时，应能显示和输出报警状态信息	必备
12	SNMP 协议	应支持 SNMP 协议	接口类型为 IP 时，必备
13	组播协议	应支持 IGMPv3 组播协议	接口类型为 IP 时，必备

5.2 性能要求

5.2.1 SDI 输入接口

下变换器的12Gbps-SDI输入接口技术要求应符合表2的规定，下变换器的4×3Gbps-SDI输入接口技术要求应符合表3的规定。

表 2 12Gbps-SDI 输入接口技术要求

序号	项目	技术指标
1	最小接收灵敏度	信号通过视频电缆（在 6GHz 处电缆损耗为 40dB）输入时，设备应能正常接收，且输出信号应无误码秒
2	最大输入电压	≥880mV

表 3 4×3Gbps-SDI 输入接口技术要求

序号	项目	技术指标
1	最小接收灵敏度	信号通过视频电缆（在 1.485GHz 处电缆损耗为 20dB）输入时，设备应能正常接收，且输出信号应无误码秒
2	最大输入电压	≥880mV
3	反射损耗（75Ω）	≥15dB（5MHz～1.485GHz）
		≥10dB（1.485GHz～3GHz）

5.2.2 SDI 输出接口

下变换器HD-SDI输出接口技术要求应符合表4的规定，3Gbps-SDI输出接口技术要求应符合表5的规定。

表 4 HD-SDI 输出接口技术要求

序号	项目	技术指标
1	信号幅度	800mV±80mV
2	上升时间	<270ps
3	下降时间	<270ps
4	上升时间与下降时间之差	≤100ps
5	上冲	<10%
6	下冲	<10%
7	直流偏置	±500mV
8	输出抖动	100kHz 高通滤波
		10Hz 高通滤波

表 5 3Gbps-SDI 输出接口技术要求

序号	项目	技术指标
1	信号幅度	800mV±80mV
2	上升时间	≤135ps
3	下降时间	≤135ps
4	上升时间与下降时间之差	≤18ps
5	上冲	<10%
6	下冲	<10%
7	直流偏置	±500mV
8	输出抖动	100kHz 高通滤波
		10Hz 高通滤波

5.2.3 IP 输入、输出接口

下变换器无压缩IP输入、输出接口技术要求应符合表6的规定。

表 6 下变换器无压缩 IP 输入、输出接口技术要求

序号	项目	技术指标
1	无压缩 IP 传输协议	应支持 SMPTE ST 2110-20、SMPTE ST 2110-30 和 SMPTE ST 2110-40；可选支持 SMPTE ST 2022-6
2	IP 接口模式	应支持符合 SMPTE ST 2110-21 的 IP 信号输入输出；可按间隔数据包方式和线性数据包方式接收和发送 IP 信号；可在窄带发送器或宽带发送器工作模式下正常接收 IP 信号

5.2.4 信号格式

下变换器输出的高清晰度信号格式应符合GY/T 155—2000和GY/T 157—2000中的有关规定。

5.2.5 音视频相对延时

下变换处理后输出信号的音视频相对延时应在±2ms以内。以视频为基准，音频超前为正，滞后为负。

5.2.6 下变换处理延时

经过下变换处理后输出的信号相对于输入信号的延时量应不大于120ms。

5.2.7 图像质量

应采用GY/T 329—2020中的超高清晰度测试图像和ITU-R BT. 500-14中的单刺激评价方法（质量等级为5分制），对下变换后输出的高清晰度图像进行主观评价，图像质量应不低于4.0分。

6 测量方法

6.1 测量环境条件

测量环境条件如下：

- 环境温度：15℃～35℃；
- 相对湿度：30%～75%。

6.2 功能要求

6.2.1 接口类型

6.2.1.1 SDI 接口

6.2.1.1.1 测量框图

测量框图见图1。



图 1 接口类型 SDI 接口、信号格式变换、映射模式、超白电平、3D LUT 表导入测量框图

6.2.1.1.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 1 连接被测设备和仪器；
- b) 检查是否具备 SDI 输入输出接口，检查是否符合 5.1 中规定的接口类型；
- c) 超高清数字视音频信号源发送 12Gbps-SDI 或 4×3Gbps-SDI，经被测设备后输出，在高清晰度数字视音频分析仪中分析被测设备输出信号格式，在高清晰度数字视频监视器中检查其输出信号是否正常；
- d) 超高清数字视音频信号源发送 Level A、Level B 两种数据映射方式的 4×3Gbps-SDI 信号，经被测设备后输出，在高清晰度数字视音频分析仪中分析被测设备输出信号格式，在高清晰度数字视频监视器中检查其输出信号是否正常；
- e) 超高清数字视音频信号源发送 SQD（可选）、2SI 数据映射方式的 4×3Gbps-SDI 信号，经被测设备后输出，在高清晰度数字视音频分析仪中分析被测设备输出信号格式，在高清晰度数字视频监视器中检查其输出信号是否正常。

6.2.1.2 IP 接口

6.2.1.2.1 测量框图

测量框图见图2。

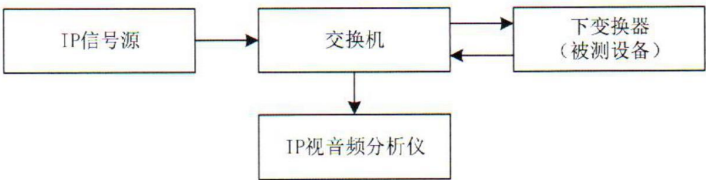


图 2 功能要求 IP 接口，性能要求 IP 输入、输出接口测量框图

6.2.1.2.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 2 连接被测设备和仪器；
- b) 检查是否具备 IP 输入输出接口，检查是否符合 5.1 中规定的接口类型；
- c) IP 信号源发送 10Gbps-IP、25Gbps-IP、40Gbps-IP 或 100Gbps-IP 光信号，信号格式符合 GB/T 32631—2016、GB/T 41808—2022 和 GB/T 41809—2022，经被测设备后输出，在 IP 视音频分析仪中检查其输出信号是否正常；
- d) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2022-7 的 IP 信号，对其中一路进行插拔操作，检查被测设备输出信号是否出现黑场、静帧、花屏、卡顿、拉丝等异常现象；
- e) 检查输出接口的数量，是否至少提供两个输出接口；
- f) 检查输出接口类型，确认是否支持 10GE 光接口、25GE 光接口、40GE 光接口或 100GE 光接口，通过 IP 接口输出的相应速率的信号是否传输正常；
- g) IP 视音频分析仪检测被测设备主备路输出，是否符合 SMPTE ST 2022-7 的 IP 信号延时差。

6.2.2 嵌入音频

6.2.2.1 SDI 接口

6.2.2.1.1 测量框图

测量框图见图3。

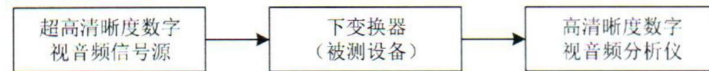


图3 嵌入音频 SDI 接口测量框图

6.2.2.1.2 测量步骤

测量步骤如下：

- 按图3连接被测设备和仪器；
- 超高清晰度数字视音频信号源输出含16路嵌入音频的超高清晰度测试信号，嵌入音频符合ITU-R BT.1365-2的要求；
- 被测设备对输入信号进行下变换；
- 使用高清晰度数字视音频分析仪检测被测设备输出信号，判断其音频是否符合ITU-R BT.1365-2的要求，其音频声道数、声道分配、取样频率、量化比特、预加重网络是否与输入信号保持一致。

6.2.2.2 IP 接口

6.2.2.2.1 测量框图

测量框图见图2。

6.2.2.2.2 测量步骤

测量步骤如下：

- 按图2连接被测设备和仪器；
- IP信号源发送符合SMPTE ST 2110-30的IP信号；
- 被测设备对输入信号进行下变换；
- 使用IP视音频分析仪检测被测设备IP信号输出，是否符合SMPTE ST 2110-30的要求，判断其音频声道数、声道分配、取样频率、量化比特、预加重网络是否与输入信号保持一致。

6.2.3 信号格式变换、映射模式、超白电平、3D LUT 表导入

6.2.3.1 测量框图

测量框图见图1。

6.2.3.2 测量步骤

测量步骤如下：

- 按图1连接被测设备和仪器；
- 检查被测设备下变换功能是否正常；
- 检查被测设备是否可以在DR或SR模式下工作；
- 使用高清晰度数字视音频分析仪查看输出信号电平是否可达到109%；
- 导入3D LUT表，检查被测设备下变换输出是否与LUT表设计的下变换后数值相符。

6.2.4 帧同步、外同步锁相

6.2.4.1 测量框图

测量框图见图4。

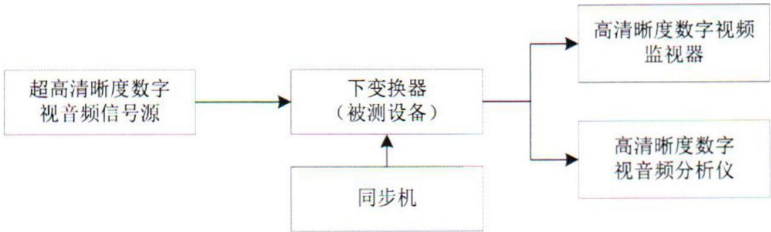


图 4 帧同步、外同步锁相测量框图

6.2.4.2 测量步骤

- 测量步骤如下：
- a) 按图 4 连接被测设备和仪器；
 - b) 向被测设备输入 4K 超高清数字音视频信号（与被测设备不同步），检查其输出信号是否正常；
 - c) 向被测设备输入黑场、三电平或符合 GY/T 348—2021 的 PTP 同步信号，检查其输出信号是否正常。

6.2.5 操作控制和参数配置、日志、故障报警、SNMP 协议、组播协议

6.2.5.1 测量框图

测量框图见图5。

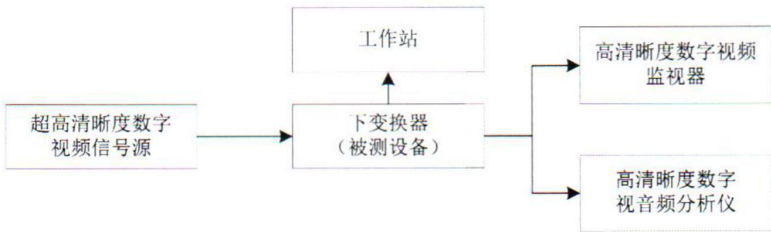


图 5 操作控制和参数配置、日志、故障报警、SNMP 协议、组播协议测量框图

6.2.5.2 测量步骤

- 测量步骤如下：
- a) 按图 5 连接被测设备和仪器；
 - b) 检查被测设备是否支持对设备进行控制操作；
 - c) 检查被测设备是否能对设备的参数进行有效配置；
 - d) 检查被测设备是否具备日志记录和导出功能；
 - e) 检查被测设备是否具有故障报警功能；
 - f) 检查被测设备是否支持 SNMP 协议和 IGMPv3 组播协议。

6.3 性能要求

6.3.1 SDI 输入接口最小接收灵敏度

6.3.1.1 测量框图

测量框图见图6。

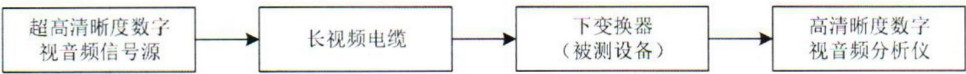


图6 SDI输入接口最小接收灵敏度测量框图

6.3.1.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 截取频率特性为 $1/\sqrt{f}$ ，且在 6GHz 处传输损耗为 40dB（12Gbps-SDI）或 1.5GHz（4×3Gbps-SDI）处传输损耗为 20dB 的长视频电缆；
- b) 按图 6 连接被测设备和仪器；
- c) 超高清清晰度数字视音频信号源发送 12Gbps-SDI、4×3Gbps-SDI 信号，幅度均设置为 800mV；
- d) 将经过长视频电缆衰减后的输出信号输入至被测设备；
- e) 在被测设备输出端口使用高清晰度数字视音频分析仪测量误码秒，观察时间为 15min，若误码秒为零，则最小接收灵敏度符合要求。

6.3.2 SDI输入接口最大输入电压

6.3.2.1 测量框图

测量框图见图7。

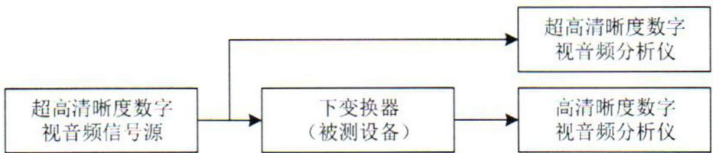


图7 SDI输入接口最大输入电压测量框图

6.3.2.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 7 连接被测设备和仪器；
- b) 调节超高清清晰度数字视音频信号源，使信号幅度达到 880mV；
- c) 将超高清清晰度数字视音频信号源的输出信号输入至被测设备；
- d) 在被测设备输出端口使用高清晰度数字视音频分析仪测量误码秒，观察时间为 15min，若误码秒为零，则最大输入电压符合要求。

6.3.3 SDI输入接口反射损耗

6.3.3.1 测量框图

测量框图见图8。



图8 SDI输入接口反射损耗测量框图

6.3.3.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 将网络分析仪及测量用电缆按 5MHz~1.485GHz、1.485GHz~3GHz 分频段自校准；
- b) 按图 8 连接被测设备和仪器；
- c) 用网络分析仪测量被测设备（4×3Gbps-SDI）输入端口在 5MHz~1.485GHz 和 1.485GHz~3GHz 范围内的反射损耗。

6.3.4 SDI 输出接口

6.3.4.1 测量框图

测量框图见图9。

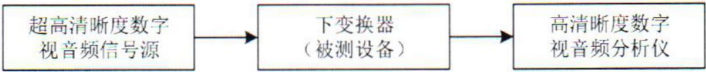


图9 SDI 输出接口、信号格式、音视频相对延时测量框图

6.3.4.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图9连接被测设备和仪器；
- b) 超高清数字视音频信号源输出彩条信号，经被测设备后，接入高清数字视音频分析仪；
- c) 用高清数字视音频分析仪直接测量被测设备输出接口的信号幅度、上升时间、下降时间、上升时间与下降时间之差、上冲、下冲、直流偏置，以及经过10Hz和100kHz高通滤波器后的信号输出抖动。

6.3.5 IP 输入、输出接口

6.3.5.1 测量框图

测量框图见图2。

6.3.5.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图2连接被测设备和仪器；
- b) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2022-6 的 IP 信号，信号格式符合 GB/T 41808—2022、GB/T 41809—2022 和 GY/T 347.3—2021，用 IP 视音频分析仪（选中被测设备）解析被测设备输出的 IP 信号，检查输出 IP 信号是否符合 SMPTE ST 2022-6，信号格式是否符合 GY/T 155—2000 或 GB/T 32631—2016；
- c) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2110-20 的 IP 信号，信号格式符合 GB/T 41808—2022、GB/T 41809—2022 和 GY/T 347.3—2021，用 IP 视音频分析仪解析被测设备输出的 IP 信号，检查输出信号是否符合 SMPTE ST 2110-20，信号格式是否符合 GY/T 155—2000 或 GB/T 32631—2016；
- d) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2110-30 的 IP 信号，信号格式符合 GY/T 156—2000，用 IP 视音频分析仪解析被测设备输出的 IP 信号，检查输出信号是否符合 SMPTE ST 2110-30，信号格式是否符合 GY/T 156—2000；
- e) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2110-40 的 IP 信号，用 IP 视音频分析仪解析被测设备输出的辅助数据，检查辅助数据格式是否与输入信号格式一致；
- f) 向被测设备输入符合 SMPTE ST 2110-21 的 IP 信号，按间隔数据包方式、线性数据包方式发送 IP 信号，检查被测设备是否能正常接收 IP 信号，并检查被测设备能否按间隔数据包方式、线性数据包方式分别发送 IP 信号，检查被测设备能否在窄带发送器或宽带发送器工作模式下正常接收 IP 信号。

6.3.6 信号格式

6.3.6.1 测量框图

测量框图见图9。

6.3.6.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 9 连接被测设备和仪器；
- b) 超高清清晰度数字视音频信号源输出符合 GY/T 330—2020 的彩条信号，经被测设备后接入高清清晰度数字视音频分析仪；
- c) 用高清清晰度数字视音频分析仪检查信号数据字，确认信号格式是否符合 5.2.4 的要求。

6.3.7 音视频相对延时

6.3.7.1 测量框图

测量框图见图9。

6.3.7.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 9 连接被测设备和仪器；
- b) 超高清清晰度数字视音频信号源输出音视频相对延时量为零的测量信号；
- c) 音视频相对延时测量信号经被测设备后，由高清清晰度数字视音频分析仪测量出音视频相对延时。

6.3.8 下变换处理延时

6.3.8.1 测量框图

测量框图见图10。

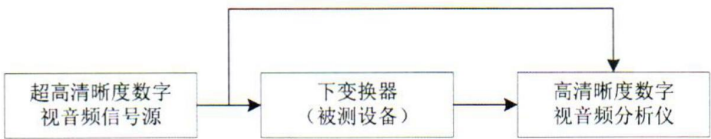


图 10 下变换处理延时测量框图

6.3.8.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 10 连接被测设备和仪器；
- b) 超高清清晰度数字视音频信号源输出相对延时为零的超高清清晰度视频和音频分离的信号，视频信号经被测设备输出为高清清晰度视频信号，音频信号直接输入至高清清晰度数字视音频分析仪；
- c) 使用高清清晰度数字视音频分析仪测量视频与音频信号间的相对延时，时延差即为下变换处理延时。

6.3.9 图像质量

6.3.9.1 测量框图

测量框图见图11。

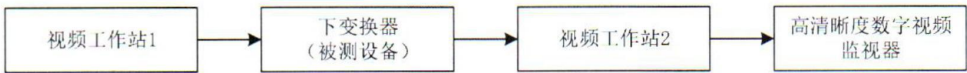


图 11 图像质量测量框图

6.3.9.2 测量步骤

测量步骤如下：

- a) 按图 11 连接被测设备和仪器；
- b) 选择 GY/T 329—2020 表 1 中序号 5（百花争艳 2）、序号 10（田间刺绣）、序号 20（肤色 1）、序号 25（图书馆 1）、序号 26（图书馆 2）、序号 29（摩天轮夜景）、序号 30（草场与羊群）、

序号 31（咖啡吧窗外）、序号 37（秋林坡上的白云）、序号 47（游泳）、序列 48（横飞字幕）、序列 49（上滚字幕）中的任意 8 个超高清晰度测试图像序列，由视频工作站 1 输出图像信号；

- c) 用视频工作站 2 对经下变换后的高清晰度图像序列进行无压缩录制；
 - d) 采用 ITU-R BT. 500-14 中的单刺激评价方法（质量等级为 5 分制），对下变换后的高清晰度图像序列进行主观评价，评价人员不少于 15 人。
-